

PROYECTO “AQUILA”

**MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL
MODALIDAD PARTICULAR**

2007

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

I.1 Proyecto

El proyecto se realizará en el Municipio de Aquila en el Estado de Michoacán ubicado a 6 Km. al NE de la localidad de Aquila, delimitado por las siguientes coordenadas:

Tabla 1. Coordenadas del Polígono de la Zona del proyecto de la Mina de Aquila

Punto	x	y
1	660317.781	2059355.820
2	660887.781	2059407.862
3	661182.790	2059206.871
4	661457.794	2059190.854
5	661593.739	2059580.870
6	661564.726	2059938.867
7	661007.727	2059907.888
8	661007.727	2060140.888
9	661168.746	2060425.875
10	661164.731	2060725.878
11	661362.685	2061140.896
12	660862.685	2061140.896
13	660565.698	2061298.918
14	660354.666	2060780.937
15	660097.666	2060780.937
16	660092.691	2060986.937
17	659517.693	2060991.955
18	659517.693	2061450.955
19	658962.693	2061450.955
20	658962.693	2060615.955
21	658774.694	2060535.960
22	658807.763	2059825.960
23	659523.766	2059830.959
24	659564.753	2059665.953
25	660207.753	2059620.990

En el croquis del anexo 1, se presentan las características de ubicación de la zona.

I.1.1 Nombre del proyecto

La empresa “Las Encinas” S. A. de C. V., es la promotora de este proyecto, la que a su vez ha denominado como proyecto “Aquila” a la explotación, a cielo abierto, de un yacimiento de hierro.

I.1.2 Ubicación del proyecto

Ubicado a 6 Km, al NE de la localidad de Aquila, cabecera municipal del mismo nombre en el Estado de Michoacán.

I.1.3 Tiempo de vida útil del proyecto

Se estima que el yacimiento de magnetita y hematita en la zona del proyecto puede favorecer la vida útil de hasta 27 años, lo cual sería el tiempo estimado para extraer el mineral de interés y llevar a cabo el abandono de sitio. Cabe mencionar que durante este tiempo, la mayor cantidad de años corresponderán a la etapa de operación y mantenimiento, el agotamiento de las reservas actuales a límite final se estima en el 2023 como se puede observar en la figura 1, mientras que la etapa de abandono le corresponderá un lapso menor, que puede ser realizada en aproximadamente en diez años.

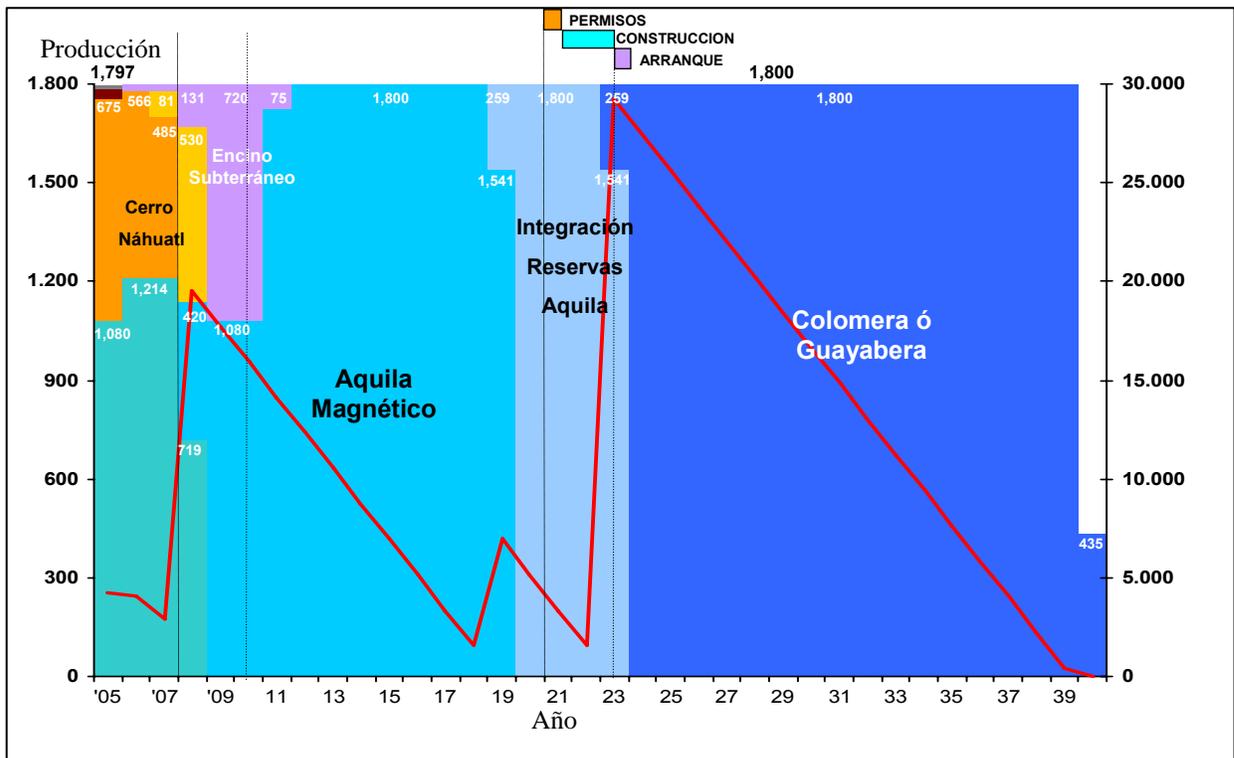


Figura 1. Proyecto a largo plazo de explotación las Encinas S.A. de C.V.

1.1.4 Presentación de la documentación legal:

El predio donde se ubica el proyecto minero de Aquila se encuentra amparado por los títulos de concesión minera de explotación 198197 y 211411 de fecha 5 de Noviembre de 1993 y 23 de Mayo del 2000 respectivamente vigentes hasta diciembre de 2039. El proyecto se encuentra en un predio bajo el regimen de ocupación temporal a favor de Las Encinas S.A. de C.V., lo cual se ha adquirido mediante una cesión de derechos de los comuneros de la Comunidad Indígena de Aquila en un contrato de ocupación temporal celebrado el 15 de diciembre de 1990, como se muestra en el anexo 2.

1.2 Promovente

1.2.1 Nombre o razón social

Las Encinas S. A. de C. V., la cual es miembro de la Cámara Minera de México, con el número de Registro 163. En el anexo 3 se presenta copia simple del acta constitutiva de Las Encinas S.A., así como escritura pública 23,378 de cambio de modalidad a Sociedad Anonima de Capital Variable.

1.2.2 Registro Federal de Contribuyentes del promovente

ENC-510604-CL5

1.2.3 Nombre y cargo del representante legal

El nombre del representante legal es:

Protección de datos personales LFTAIPG

Se anexa copia de escritura pública Protección de datos per del poder del representante legal en el anexo 4

1.2.4 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones

Protección de datos personales LFTAIPG

1.3 Responsable de la elaboración del estudio de impacto ambiental

1.3.1 Nombre o razón social

Protección de datos personales LFTAIPG

1.3.2 Registro Federal de Contribuyentes o CURP

Protección de datos personales LFTAIPG

1.3.3 Nombre del responsable técnico del estudio

Protección de datos personales LFTAIPG

1.3.4 Dirección del responsable técnico del estudio

Protección de datos personales LFTAIPG

II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

II.1 Información general del proyecto

II.1.1 Naturaleza del proyecto

Las Encinas S. A. de C. V. es una empresa mexicana, la cual forma parte del grupo Ternium Hylsa, que comprenden a un conjunto de empresas dedicadas a la fabricación y comercialización de diferentes productos de acero, tales como aceros planos, alambrón y varilla de diferentes especificaciones y dimensiones.

Las Encinas, como parte de este importante grupo inicia la cadena productiva del acero al extraer y beneficiar el mineral de hierro, para su posterior manufactura y comercialización. Las Encinas inició sus operaciones en 1951 con la explotación de la mina de El Encino. En la actualidad Las Encinas explota minas en los estados de Colima, Jalisco y Michoacán y opera una planta peletizadora en Alzada, municipio de Cuauhtémoc, Estado de Colima.

Las plantas de Ternium Hylsa son productoras de acero en San Miguel Xoxtal, Puebla y Monterrey, Nuevo León utilizan el denominado fierro esponja y chatarra como materia prima. El fierro esponja se obtiene de los comprimidos o pellets de hierro que envía Las Encinas desde sus yacimientos hacia las acerías.

La difícil situación económica actual del país ha encarecido la importación y abastecimiento de chatarra estructural, este hecho ocasiona que se incremente la dependencia del mineral de hierro en la producción de acero, a partir de su extracción en los yacimientos originales. Por tal motivo, Ternium Hylsa y en particular Las Encinas se han visto precisadas, en mantener el suministro de mineral de hierro de sus minas. Este es el caso del yacimiento denominado “Aquila”. Este cuerpo minable fue identificado por primera vez en el año de 1882. Para principios del siglo la “Mexican Pacific Company” realizó estudios más formales mediante barrenos exploratorios y obras directas (socavones).

En 1971 Las Encinas S.A., de C.V., adquirió los derechos de exploración y explotación del yacimiento de hierro de Aquila, iniciando los trabajos formales de evaluación del potencial del

yacimiento para elaborar estudios de viabilidad económica. Estos estudios mostraron la existencia de dos tipos de mineral en el yacimiento. El denominado hematítico el cual se encuentra en forma superficial y ha sido explotado mediante minado a cielo abierto por Las Encinas S.A. de C.V. desde 1997, de acuerdo a las condicionantes establecidas en la autorización de Impacto Ambiental D.O.O.DGOEIA.-02153 del 14 de abril de 1997.

Por otra parte, los estudios de exploración también identificaron la existencia de un cuerpo de mineral donde predomina la fracción magnética, que tiene un mayor rendimiento en la producción de diversos productos del acero. En esta etapa del proyecto “Aquila” se esta proyectando la ampliación de la zona de explotación a mineral magnético. Con este propósito Las Encinas ha considerado las siguientes actividades para la realización del proyecto:

SELECCIÓN DEL SITIO

- a) Elaboración de estudios geológicos
- b) Análisis metalúrgicos de las muestras obtenidas durante la barrenación.
- c) Modelación de la existencia de los yacimientos.
- d) Estudios topográficos.
- e) Estudios preliminares topográficos para la construcción de caminos de acceso.
- f) Reconocimiento de la presencia de especies de vegetación y fauna.
- g) Estudio de cambio de uso de suelo.
- h) Estudios legales

ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO

- a) Desmonte, que consiste en la extracción del material vegetal.
- b) Despalme de la capa superficial del suelo.
- c) Nivelación y relleno de caminos de acceso.

ETAPA DE OPERACIÓN (CONSTRUCCION DE OBRAS MINERAS)

A) EXPLORACION

- a) Barrenación con equipo neumático para exploración

B) EXPLOTACION

- a) Barrenación con equipo neumático para el uso de explosivos.

- b) Uso de explosivos.
- c) Extracción y transporte del mineral
- d) Formación de niveles
- e) Rampas de acceso
- f) Tajos
- g) Polvorin
- h) Depósitos superficiales de terreros
- i) Transporte de material

C) BENEFICIO

- a) Trituración y molienda
- b) Carga
- c) Transporte de mineral.

ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DE OBRAS ASOCIADAS

- a) Construcción de caminos de acceso y acarreo.
- b) Servicio médico y respuesta a emergencias
- c) Almacenes
- d) Comedores
- e) Instalaciones sanitarias
- f) Abastecimiento de energía eléctrica
- g) Oficinas.
- h) Laboratorio
- i) Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
- j) Telecomunicaciones

ETAPA DE MANTENIMIENTO

- a) Mantenimiento de caminos.
- b) Mantenimiento de vehículos de carga.
- c) Mantenimiento de la planta de trituración.
- d) Mantenimiento de oficinas, comedor y sanitarios.
- e) Estabilización de terreros.
- f) Mantenimiento a zonas reforestadas.

ETAPA DE ABANDONO DEL SITIO

- a) Retiro de la maquinaria.
- b) Desmantelamiento del campamento.
- c) Monitoreo de la estabilidad de los terreros.
- d) Monitoreo y revegetación a zonas reforestadas
- e) Monitoreo y mantenimiento de terreros.

II.1.2 Selección del sitio

La minería es una actividad de tipo extractiva, que se ubica por razones obvias en zonas geográficamente ubicadas en localidades muy específicas donde se tiene la seguridad de encontrar los yacimientos apropiados, tanto en las facilidades para su extracción como en los beneficios que se puedan obtener del sitio seleccionado. Para la mina de hierro Aquila, en particular los criterios utilizados para determinar la factibilidad técnica, económica y ambiental de la explotación del yacimiento estuvieron sustentados en los resultados de los siguientes estudios:

1. Estudios geológicos, mediante el desarrollo de barrenos de exploración metalúrgicos para conocer la capacidad de explotación del yacimiento, se realizó la perforación de 132 barrenos que equivalen a una distancia de más de 13,164 m de perforación.
2. Análisis metalúrgicos de las muestras obtenidas durante la barrenación.
3. Modelación de la existencia de los yacimientos.
4. Estudios topográficos.
5. Restitución fotogramétrica.
6. Estudios preliminares topográficos para la construcción de caminos de acceso.
7. Reconocimiento de la presencia de especies de vegetación y fauna.
8. Estudio de cambio de uso de suelo.
9. Estudios legales

Para esta segunda fase la factibilidad técnica, económica y ambiental de la explotación del yacimiento es fortalecida por información geológica y metalúrgica que se ha venido recabando en 10 años de operación, así como el monitoreo y registro de la interacción de las operaciones de la mina con el medio ambiente que le rodea.

II.1.3 Ubicación física del proyecto y planos de localización

La mina Aquila de Las Encinas S.A. de C.V. se localiza 6 Km. al NE de la Localidad de Aquila Municipio del mismo nombre, en el Estado de Michoacán. En el anexo 5 se incluye un plano topográfico, donde se presentan las poligonales de trabajo que incluyen las obras y/o actividades asociadas.

El predio se ubica en la parte sur de la comunidad indígena de Aquila y colinda con las siguientes rancherías:

Tabla 2. Rancherías colindantes a la zona de ocupación temporal de la Mina Aquila.

Nombre	No. casas	Distancia al predio
La Coyulera	4	980 m al NE del área de explotación
La Vainilla	6	800 m al NE
El Mango Arrancado	2	1.7 Km al NW
El Chafre	4	2.8 Km al NE
La Abuela	3	1.8 Km. al NE
La Estanzuela	6	3.5 Km al SE

El acceso terrestre a la localidad de Aquila se puede realizar por las carreteras que comunican a Colima con Michoacán, como se puede observar en el plano topográfico mencionado; de esta forma, el predio se encuentra comunicado con la población de Aquila por medio de un camino angosto y sinuoso de terracería de 6.0 Km de longitud. Existe otro camino que comunica al predio donde se encuentra la Mina hacia la carretera Aquila-Coalcoman, alejado a una distancia aproximada de 1,500 m, que es de terracería pero que se mantiene en buenas condiciones por el constante mantenimiento que tiene por parte de la empresa.

Se presenta en el anexo 6, un plano de conjunto del proyecto con la distribución total de la infraestructura y de las obras asociadas, así como las obras provisionales dentro del predio como se encuentra actualmente, así como un plano de distribución final de la infraestructura y de las obras asociadas después de la relocalización del mismo.

II.1.4 Inversión requerida

a) El importe requerido para el proyecto. Para el proyecto se planea seguir aprovechando las obras mineras e infraestructura ya existentes, ya que se cuenta con la infraestructura

necesaria para llevar a cabo los trabajos de explotación, reduciendo costos y optimizando el uso de las instalaciones de la mina. Teniendo un costo estimado de operación de 161.02 pesos/Tonelada de producción de mineral de hierro, y de 274.91 ya como producto final terminado en la planta peletizadora en Colima, como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 3 Costos de la obtención del mineral de la Mina Aquila, Michoacán

ESTIMACION DE COSTO PROYECTO "AQUILA"

PRODUCCION ANUAL

CONCEPTO	Costo Mina	Costo Peletizado	Costo Admtvo.	Costo Total
E. Eléctrica	\$ 33.21	\$ 23.94	\$ -	\$ 57.15
Combustoleo	\$ -	\$ 24.75	\$ -	\$ 24.75
Diesel	\$ 11.29	\$ 1.01	\$ -	\$ 12.30
Lubricantes	\$ 2.20	\$ 0.32	\$ -	\$ 2.52
Acero	\$ 12.08	\$ -	\$ -	\$ 12.08
Explosivos	\$ 4.44	\$ -	\$ -	\$ 4.44
Brocas	\$ 0.90	\$ -	\$ -	\$ 0.90
Llantas	\$ 2.47	\$ 0.06	\$ -	\$ 2.53
Flete Ferrocarril	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Flete Tractos	\$ 8.00	\$ -	\$ -	\$ 8.00
Floculante	\$ 2.66	\$ -	\$ -	\$ 2.66
Aditivos	\$ -	\$ 1.72	\$ -	\$ 1.72
TOTAL VARIABLES	\$ 77.25	\$ 51.80	\$ -	\$ 129.06
Mtls. Operac.	\$ 11.19	\$ 1.57	\$ 0.36	\$ 13.13
Mtls. Conserv.	\$ 38.48	\$ 15.70	\$ 2.17	\$ 56.35
Personal	\$ 18.02	\$ 6.16	\$ 15.79	\$ 39.97
Contratos	\$ 7.47	\$ 1.56	\$ 0.25	\$ 9.28
Gtos. de Operación	\$ 3.37	\$ 0.83	\$ 11.05	\$ 15.25
Servicios	\$ 5.25	\$ 0.70	\$ 5.94	\$ 11.89
TOTAL	\$ 161.02	\$ 78.33	\$ 35.56	\$ 274.91

Aunque de inicio no se tienen contempladas inversiones iniciales ya que se seguirá operando bajo el mismo esquema, posteriormente en la etapa de relocalización se contempla una inversión de aproximadamente 6 millones de dólares, las cual se describe en el anexo 7.

b) Precisar el período de recuperación del capital, justificándolo con la memoria de cálculo respectiva.

N.A.

c) Especificar los costos necesarios para aplicar las medidas de prevención y mitigación.

Dentro de los costos operativos, están contemplados los costos para las medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales, los cuales incluyen:

- Programa de monitoreo de ríos Arroyos. (Incluye potencial de generación de drenaje ácido)
- Programas de reforestación
- Programas de análisis de la Calidad del Aire
- Programas de monitoreo de Ruido
- Capacitación ambiental.
- Programa de protección de flora y fauna.
- Monitoreo de taludes.

Las medidas de prevención y mitigación están incluidos dentro de un programa anual general, el cual se revisa y se ajusta cada año asignando los recursos materiales y humanos para su cumplimiento por el comité ambiental de la Mina, mensualmente se llevan indicadores ambientales que permiten evaluar el desempeño y hacer ajustes sobre el programa. El programa y costos se presentan en el anexo 8.

II.1.5 Dimensiones del proyecto

- a) La superficie total del predio es de 383-51-83 ha.
- b) El área requerida para la ampliación de la explotación del mineral de hierro en la Mina de Aquila corresponde a una superficie de 193-26-24 ha, adicionales a las 52-00-00 ha que se tienen en operación actualmente da un total 245-26-24. Afectará por tipo de vegetación las siguientes areas:

Tabla 4. Distribución de la vegetación y uso del suelo en el área del Proyecto

USO DE SUELO	SUPERFICIE (ha)	(%)
Selva baja caducifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea.	209.68	54.67
Selva mediana caducifolia y subcaducifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	67.87	17.70
Pastizal	5.09	1.33
Pastizal abandonado	38.51	10.04
Vegetación de Galería	4.40	1.15
Zona agrícola	1.32	0.34
Area sin vegetación	56.65	14.77
Total	383.52	

- d) La superficie de las áreas que se tendrán en el proyecto es la siguiente:

Tabla 5. Superficies de áreas requeridas

Actividad	Superficie
Area no requerida	138.25
Area Requerida	111.66
Cuerpo SE "A"	10.11
Cuerpo Principal y Mirador	20.8
Cuerpo SE B	2.82
Cuerpos 1,2 y 3 NW	19.97
Terrero	41.96
Terrero cuerpo SE B	5.87
Terreros cuerpo NW	19.97
Terreros Finos Triturados	12.11
Total	383.52

II.1.6 Uso actual de suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y en sus colindancias

El uso actual del suelo es de aprovechamiento extractivo para la minería aunado a un aprovechamiento incipiente forestal de tipo no comercial, con una vegetación de selva mediana subcaducifolia de vegetación secundaria, agricultura de temporal y pastizal inducido. Con el fin de regularizar el cambio de uso de suelo se elaboró un estudio técnico justificativo para el cambio de Uso del Suelo, el documento se encuentra en el Anexo 9.

Actualmente dentro del predio se cuenta con un aprovechamiento de agua superficial de un manantial en la Barranca del Tenamaxti, con título de concesión 08MCH123345/17EOGE06 de fecha 14 de marzo de 2006, con su respectiva autorización de uso de zona federal con Título de Concesión 08MCH123343/17EGGE06 de fecha 14 de marzo de 2006, para los ríos de la zona no se tiene prevista su utilización, sin embargo aguas abajo del Arroyo Tenamaxtles existen nacimientos que son utilizados para el abastecimiento de agua de la cabecera Municipal de Aquila.

En el Anexo 2 se encuentra la constancia de ocupación temporal del predio otorgado por el Consejo de Vigilancia de la Comunidad Indígena de San Miguel de Aquila y en el anexo 10 la concesión del abastecimiento de agua.

II.1.7 Urbanización del área y descripción de servicios requeridos

El predio donde se ubica la mina Aquila cuenta con diferentes servicios urbanos, se tiene una vía de terracería que entronca con la vía de comunicación pavimentada Aquila-Coalcoman. Se dispone de agua potable suministrada por manantial en la Barranca del Tenamaxti, con título de concesión 08MCH123345/17EOGE06 de fecha 14 de marzo de 2006, así como el abastecimiento de energía eléctrica a cargo de la Comisión Federal de Electricidad; se cuenta con comunicación de telefonía satélital, comedor para los trabajadores, y la dotación de servicios médicos proporcionados por la empresa. Cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales e infraestructura para el manejo de residuos peligrosos y no peligrosos generados en la instalaciones (Ver Anexo fotográfico).

II.2 Características particulares del proyecto

Objetivos y justificación del proyecto

Los objetivos del proyecto Ampliación de la superficie de Explotación de la Mina Aquila son:

- 1) Reemplazar el suministro de mineral de las Minas Cerro Nahuatl y Mina el Encino que llegan al término de su vida útil en 2011.
- 2) Ampliar la superficie de explotación del mineral de hierro del cuerpo minable, para mantener los niveles de producción requeridos por Ternium Hylsa en la Planta Peletizadora.

Estas actividades se realizarán siguiendo las mejores prácticas de la ingeniería minera y bajo un estricto apego a la legislación ambiental vigente.

Como se ha mencionado anteriormente Las Encinas forma parte del grupo siderúrgico Ternium Hylsa, cuya producción de acero se inicia con la explotación de mineral de hierro y la elaboración de pellets o comprimidos de mineral. Las empresas de Ternium Hylsa utilizan los pellets de hierro transformados como fierro esponja y chatarra estructural para obtener en hornos eléctricos acero líquido, el cual es utilizado para obtener aceros planos, alambón y varilla. El alto costo y la dificultad de abastecerse con chatarra importada han ocasionado que se incremente la utilización de pellets de mineral de hierro y en consecuencia la explotación de los yacimientos de este mineral, como es la mina a cielo abierto de “Aquila”. Con la explotación de la mina de hierro, se reducirá considerablemente la importación de chatarra.

Crecimiento a futuro:

Las empresas del grupo Hylsa Ternium han producido acero desde hace 54 años, durante este tiempo han mantenido una política de crecimiento basada en innovación tecnológica y uso eficiente de los materiales y energía. El proyecto de la ampliación de la superficie de explotación de la Mina Aquila, es parte y consecuencia de los esfuerzos de las empresas del grupo Ternium Hylsa y en particular de Las Encinas por mantener el suministro de mineral de hierro a las acerías. En este sentido, la primera fase operativa de la ampliación de la mina de “Aquila” pretende continuar con la explotación del mineral superficial o hematítico. En consecuencia se incrementarán los volúmenes de explotación del mineral masivo o bien magnético.

Con el proyecto de ampliación de la superficie de explotación del yacimiento de la Mina Aquila se pretende mantener la capacidad de suministro de mineral de hierro, la cual esta relacionada con el suministro actual proveniente de las minas de El Encino y Cerro Náhuatl. Los planes de crecimiento del proyecto Aquila pretenden elevar la producción de mineral a un nivel tal que permita no únicamente sustituir las fuentes actuales de abastecimiento que estan llegando al termino de su vida útil como el Caso de la Mina Cerro Nahuatl y Mina El Encino como se puede observar en la Figura 1, sino que aseguren la preservación del liderazgo de Ternium Hylsa en la industria del acero.

En forma adicional Las Encinas considerará la factibilidad de explotar, en un futuro cercano, los yacimientos de hierro vecinos de La Colomera y Guayabera, cuya factibilidad dependerá de la capacidad y facilidades de extracción que arrojen los resultados de exploración, ya que el mercado creciente de materiales ferrosos no será una limitante para la colocación y comercialización de los productos ferrosos.

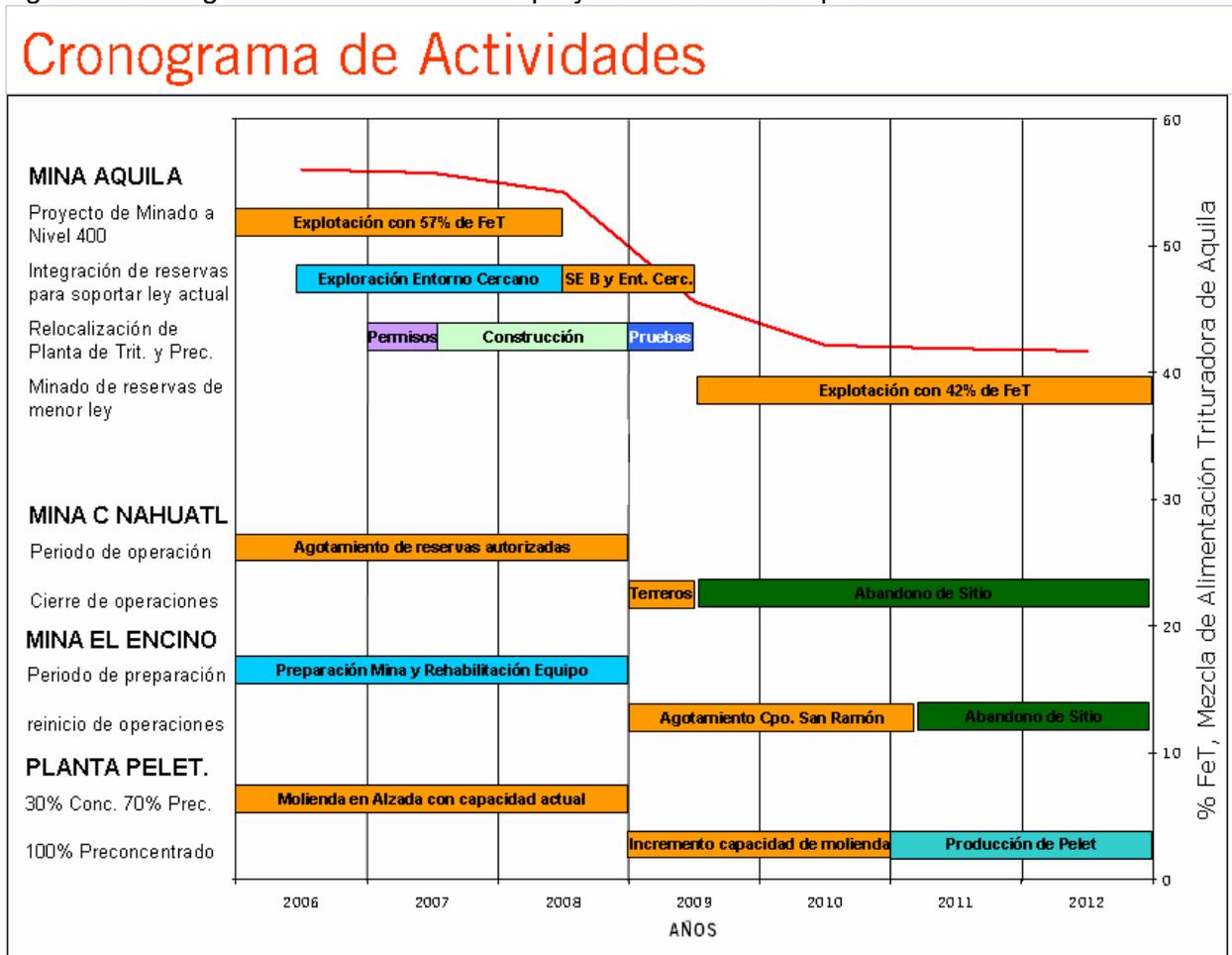
Por otro lado, Las Encinas mantendrá como política permanente la revisión y actualización constante de sus programas de seguridad, control de la contaminación y prevención de accidentes. Así mismo se continuará desarrollando e incorporando a los procedimientos extractivos, cuando así resulte factible y conveniente, los avances tecnológicos de vanguardia que permitan optimizar el uso de recursos, reducir contaminantes y permitan a Las Encinas mantenerse como una empresa minera competitiva, comprometida con la sustentabilidad de los recursos, la seguridad y salud de la población trabajadora y del área de influencia. Resultado de esto es la firma el 20 de mayo del 2005 del convenio 3073 con PROFEPA para ingresar al Programa Nacional de Auditoría Ambiental.

II.2.1 Programa General de Trabajo

Para el proyecto se planea seguir aprovechando las obras mineras e instalaciones ya existentes, ya que se cuenta con la infraestructura necesaria para llevar a cabo los trabajos de explotación, reduciendo costos y optimizando el uso de las instalaciones de la mina.

El calendario de actividades diseñado para la realización del proyecto de Aquila consta de 2 etapas importantes; la primera donde se mantienen las condiciones actuales de minado, con el equipo e instalaciones existentes, con una ley del 57%, para posteriormente entrar a una fase de explotación con 42% de ley, lo cual implica la reubicación de instalaciones e incremento de capacidad de preconcentración, aprovechando los recursos disponibles del cierre de las otras operaciones, como se puede observar en la figura 2.

Figura 2. Cronograma de actividades del proyecto de la Mina Aquila.



Las actividades de la mina en forma resumida son:

SELECCIÓN DEL SITIO
Elaboración de estudios geológicos
Análisis metalúrgicos de las muestras obtenidas durante la barrenación.
Modelación de la existencia de los yacimientos.
Estudios topográficos.
Estudios preliminares topográficos para la construcción de caminos de acceso.
Reconocimiento de la presencia de especies de vegetación y fauna.
Estudio de cambio de uso de suelo.
Estudios legales
ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO.
Desmante, que consiste en la extracción del material vegetal.
Despalme de la capa superficial del suelo.
Nivelación y relleno de caminos de acceso.
ETAPA DE OPERACIÓN (CONSTRUCCION DE OBRAS MINERAS)
A) EXPLORACION
Barrenación con equipo neumático para exploración
b) EXPLOTACION
Barrenación con equipo neumático para el uso de explosivos.
Uso de explosivos.
Extracción y transporte del mineral.
Formación de niveles
Rampas de acceso
Tajos
Polvorín
Dépositos superficiales de terreros
Transporte de material
c) BENEFICIO
Trituración y molienda
Carga.
Transporte a la planta peletizadora de Alzada, Colima.

ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DE OBRAS ASOCIADAS
Construcción de caminos de acceso y acarreo.
Servicio médico y respuesta a emergencias
Almacenes
Comedores
Instalaciones sanitarias
Abastecimiento de energía eléctrica
Oficinas.
ETAPA DE MANTENIMIENTO
a) Mantenimiento de caminos.
b) Mantenimiento de vehículos de carga.
c) Mantenimiento de la planta de trituración.
d) Mantenimiento de oficinas, comedor y sanitarios.
e) Estabilización de terreros.
f) Mantenimiento a zonas reforestadas.
ETAPA DE ABANDONO DEL SITIO
a) Retiro de la maquinaria.
b) Desmantelamiento del campamento.
c) Monitoreo de la estabilidad de los terreros.
d) Monitoreo y revegetación a zonas reforestadas
e) Monitoreo y mantenimiento de terreros.

Criterio de selección del sitio:

La minería es una actividad de tipo extractiva, que se ubica por razones obvias en zonas geográficamente ubicadas en localidades muy específicas donde se tiene la seguridad de encontrar los yacimientos apropiados, tanto en las facilidades para su extracción como en los beneficios que se puedan obtener del sitio seleccionado. Para la mina de hierro Aquila, en particular los criterios utilizados para determinar la factibilidad técnica, económica y ambiental de la explotación del yacimiento estuvieron sustentados en los resultados de los siguientes estudios:

1. Estudios geológicos, mediante el desarrollo de barrenos de exploración metalúrgicos para conocer la capacidad de explotación del yacimiento, se realizó la perforación de 132 barrenos que equivalen a una distancia de más de 13,164 m de perforación.

2. Análisis metalúrgicos de las muestras obtenidas durante la barrenación.
3. Modelación de la existencia de los yacimientos.
4. Estudios topográficos.
5. Restitución fotogramétrica.
6. Estudios preliminares topográficos para la construcción de caminos de acceso.
7. Reconocimiento de la presencia de especies de vegetación y fauna.
8. Estudio de cambio de uso de suelo.
9. Estudios legales

Para esta segunda fase la factibilidad técnica, económica y ambiental de la explotación del yacimiento es fortalecida por información geológica y metalúrgica que se ha venido recabando en 10 años de operación, así como el monitoreo y registro de la interacción de las operaciones de la mina con el medio ambiente que le rodea.

II.2.2 Preparación del sitio

La preparación del sitio consta de tres actividades:

Para las áreas nuevas donde se pretende ampliar la explotación se contempla dentro de la preparación del sitio las siguientes actividades:

- a) Desmonte, que consiste en la extracción del material vegetal.
- b) Despálme de la capa superficial del suelo.
- c) Nivelación y relleno de caminos de acceso.

a) Desmonte, que consiste en la extracción del material vegetal.

Consiste en la eliminación de la cobertura vegetal, la cual se realizara manualmente sobre todo el arbolado mayor de 10 metros de altura, así como los arbustos, cuyos restos vegetales serán triturados y colocados en la zona de terrenos existentes, para favorecer la conformación de un estrato superficial rico en materia orgánica y favorecer la reforestación y recuperación de estos sitios

b) Despálme de la capa superficial del suelo.

El despálme consistirá en retirar del área del proyecto aquellos materiales superficiales, tanto edáficos como geológicos, que se ubican dentro del área de la futura ampliación y que carecen de un contenido de material ferroso, como el material geológico compuesto de calizas

y granodiorita. Cabe mencionar que el material vegetal e inclusive el germoplasma, en el área de la ampliación, se podrá utilizar posteriormente para restaurar y reforestar las zonas que se vayan liberando del proyecto de extracción

c) Nivelación y relleno de caminos de acceso

Se realizarán actividades de nivelación de áreas por donde se trazarán los caminos de movimiento de material ferroso, y en caso de requerirse se rellenaran con los mismos materiales de la zona.

II.2.3 Construcción de obras mineras

Para el proyecto se planea seguir aprovechando las obras mineras ya existentes, ya que se cuenta con la infraestructura necesaria para llevar a cabo los trabajos de explotación, reduciendo costos de explotación, optimizando el uso de las instalaciones de la mina. Tal se puede observar en el anexo 11 el Layout de la Mina Aquila.

Entre las obras mineras se tiene contemplado:

A) EXPLORACIÓN

El procedimiento para llevar a cabo la barrenación de exploración es el siguiente:

- Se elabora un programa el cual contiene la cantidad de barrenos y profundidad a la que serán desarrollados, así como el equipo con el que serán realizados.
- Los barrenos se programan y se ubican topográficamente en el campo.
- En la barrenación de diamante se utilizan los accesos más cercanos al área y por medio de tracción propia del equipo.
- Para la barrenación con equipo Schramm (de circulación inversa), los accesos se realizan haciendo caminos para transitar un camión hasta la localidad del barreno.

Una vez que la barrenación de exploración ha confirmado la existencia de mineral en el subsuelo, se continúa barrenando para dimensionar el tamaño de los yacimientos, lo que se conoce como barrenación parámetrica:

- Se hace la selección y el programa de barrenación
- Se ubican topográficamente en el campo y se preparan las planillas de barrenación.
- Ejecución de la barrenación y obtención de muestras del subsuelo
- Levantamientos de semidetalle de geología y geofísica del área explorada
- Análisis de resultados e interpretación de la geología del subsuelo
- Se efectúa una estimación de los recursos de mineral.

En base a los resultados de la estimación de las reservas se lleva a cabo un análisis económico del yacimiento considerando un sistema de minado y un proceso de beneficio del yacimiento.

Por medio de levantamientos geológicos y barrenación a detalle se determina el volumen y calidad del mineral así como la posición espacial del yacimiento

Por medio de secciones geológicas se interpreta la geología del subsuelo, se capturan en archivos electrónicos y se procesa mediante software geoestadísticos. Por medio de los sistemas de cómputo se obtienen las cimas y bases de los cuerpos de mineral, se elaboran modelos tridimensionales y se calculan las reservas de mineral estimando el volumen, calidad y posición del yacimiento.

Por medio de levantamientos geológicos de campo, pruebas de mecánica de rocas y pruebas hidrogeológicas se realizan los estudios geotécnicos y geohidrológicos.

A través de estos estudios se determinan las direcciones y ángulos de corte de las excavaciones y se establecen los balances hídricos de la región.

Se determina la factibilidad de extracción de un yacimiento de mineral.

El equipo empleado para la barrenación podrá ser de dos tipos:

Tabla 6. Equipo empleado para la barrenación en la Mina Aquila, Michoacán

Equipo	Tipo de Barrenación	Número económico	Modelo
Schramm	Circulación Inversa	5-30	1998
Long-Year	Diamante	5-32	1998

Barrenación por Circulación Inversa: Equipo de barrenación para superficie, utilizados para exploración y evaluación de yacimientos. Su característica principal es la recuperación esquilas. Este tipo de perforación utiliza rotación y percusión mediante un martillo de fondo activado por aire a presión. La profundidad de los sondeos puede ser hasta de 200 metros con diámetros de barrenación de 5.5”. Las brocas son enfriadas con el mismo aire que hace funcionar el martillo de fondo neumático y se inyecta a través del interior de la tubería. Esta perforadora esta montada sobre un camión torton y utiliza una torre de barrenación abatible e integrada en el mismo camión. La perforadora es operada con diesel.

Para poder realizar los barrenos con este sistema se requiere de preparar caminos de acceso de aproximadamente 3 m de ancho y pendientes suaves.

Equipo de Barrenación a Diamante: Equipo de barrenación para superficie, utilizados para exploración y evaluación de yacimientos, con recuperación de núcleos. El tipo de perforación utiliza rotación y brocas impregnadas con diamante. La profundidad de los barrenos puede ser hasta de 500 metros, con diámetros de barrenación variables entre 2.75” a 3.5”. Las brocas son enfriadas con agua que se inyecta a través del interior de la tubería, para lo cual utiliza una bomba auxiliar. Ambos equipos la perforadora y la bomba son equipos operados con diesel.

Este sistema de barrenación no requiere de accesos especiales, solo la planilla donde se instala el equipo; ésta se prepara con dimensiones de 4 x 4 metros.

*Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para la Ampliación
de la superficie de explotación de la “Mina Aquila”, Aquila, Michoacán.*

El volumen a remover de mineral se muestra en la siguiente tabla:

EXTRACCION DE MINERAL						
BANCO	PPAL. Y MIR.	NW 1 y 2	NW 3	SE A	SE B	TOTAL
650		102,527				102,527
640		249,989				249,989
630		291,279				291,279
620		660,124				660,124
610		846,786				846,786
600		841,580				841,580
590		881,095	1,052			882,147
580		788,502	9,840			798,342
570		749,189	25,886			775,075
560		580,931	32,399			613,330
550	64,228	444,774	66,312			575,314
540	221,448	312,728	88,826			623,002
530	297,813	251,326	85,757			634,896
520	231,287	227,388	113,571			572,246
510	259,913	239,171	168,857			667,941
500	366,272	170,218	180,415			716,905
490	541,144	96,462	137,917			775,523
480	557,196		104,484			661,680
470	720,577		53,887			774,464
460	412,948		36,789			449,737
450	367,941					367,941
440	172,646					172,646
430	294,627					294,627
420	316,630					316,630
410	745,378					745,378
400	1,068,796					1,068,796
390	2,203,526					2,203,526
380	2,051,769					2,051,769
370	1,869,380					1,869,380
360	1,604,840			11,458		1,616,298
350	1,182,313			57,217		1,239,530
340	834,232			154,039	70,150	1,058,421
330	454,498			255,580	169,895	879,973
320	325,251			312,136	301,966	939,353
310	172,051			371,867	282,442	826,360
300				426,683	121,259	547,942
290				459,508		459,508
280				386,321		386,321
270				413,811		413,811
260				369,395		369,395
250				283,312		283,312
240				208,790		208,790
230				140,527		140,527
TOTAL	17,336,703	7,734,069	1,105,992	3,850,644	945,712	30,973,120
				ENTORNO CERCANO		13,685,092
				TERREROS		5,721,661
				GRAN TOTAL		50,379,873

*Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para la Ampliación
de la superficie de explotación de la “Mina Aquila”, Aquila, Michoacán.*

El volumen a extraer de material estéril se presenta en la siguiente tabla:

EXTRACCION DE ESTERIL						
BANCO	PPAL. Y MIR.	NW 1 y 2	NW 3	SE A	SE B	TOTAL
690		50,245				50,245
680		241,636				241,636
670		427,215	2,282			429,497
660		583,479	16,646			600,125
650		670,315	19,401			689,716
640		953,631	55,080			1,008,711
630		1,276,565	101,099			1,377,664
620		1,178,928	96,992			1,275,920
610		1,341,508	154,170			1,495,678
600		1,574,627	218,800			1,793,427
590		1,292,276	225,935			1,518,211
580		1,450,784	295,257			1,746,041
570		1,417,147	321,056			1,738,203
560	90,727	1,000,274	306,524			1,397,525
550	180,501	905,356	341,188			1,427,045
540	231,459	883,845	378,672			1,493,976
530	318,901	503,313	327,679			1,149,893
520	481,857	407,217	357,318			1,246,392
510	579,297	289,732	341,512			1,210,541
500	478,319	83,559	211,937			773,815
490	517,441	27,097	214,968			759,506
480	587,671		206,846			794,517
470	317,015		72,233			389,248
460	384,240		64,534			448,774
450	472,948					472,948
440	299,284					299,284
430	563,139					563,139
420	743,572			2,425		745,997
410	743,368			34,153		777,521
400	895,457			95,472		990,929
390	1,002,390			162,528		1,164,918
380	814,826			193,109	6,942	1,014,877
370	805,874			318,656	50,244	1,174,774
360	840,124			465,639	84,762	1,390,525
350	564,198			416,362	154,000	1,134,560
340	516,557			474,348	148,617	1,139,522
330	372,973			551,640	175,963	1,100,576
320	145,694			538,329	128,478	812,501
310	73,371			723,072	48,812	845,255
300				981,683	29,537	1,011,220
290				689,069		689,069
280				611,642		611,642
270				483,671		483,671
260				215,084		215,084
250				167,440		167,440
240				93,163		93,163
230				44,507		44,507
TOTAL	13,021,202	16,558,749	4,330,129	7,261,992	827,355	41,999,427
						ENTORNO CERCANO
						16,489,219
						GRAN TOTAL
						58,488,646

B) EXPLOTACIÓN

El proceso de explotación comienza con la **Barrenación** que consiste en la realización de barrenos con una máquina de perforación en diámetros que van de un promedio 9 pulgadas y ocasionalmente con un mayor diámetro, posteriormente se realiza la operación de **Tumbe**, que se refiere a la actividad necesaria para llenar el barreno con material explosivo y su posterior detonación para quebrar la roca a tamaños manejables en el equipo de carga y finalmente se realiza la **Detonación**: consiste en la detonación de los explosivos, lo cual se realiza con todo un procedimiento de seguridad, mediante una alarma sonora la cual significa el aviso de detonación que ocurrirá en un lapso de quince minutos, de tal manera que todo el personal debe de ubicarse en los sitios de seguridad preestablecidos. Cabe mencionar que al ingreso de la mina existe un letrero donde se tiene la fecha y hora programada de la detonación.

Como ya se menciona, se aprovecharan las obras mineras existentes, las cuales se describen en el anexo 12, estas permitirán que no exista un periodo de preparación para el inicio de la segunda fase de explotación de la mina Aquila, sin embargo con el tiempo se requerirán una serie de obras que permitan dar continuidad a la operación, las cuales se describen en el anexo 12.

El acarreo de mineral se hace con equipo móvil. Con un cargador Caterpillar 992C con cucharón de 10 m³, llena con el material resultante de la voladura la caja de los camiones Caterpillar 777 con carga de 75 a 80 ton y las transporta a la trituradora donde la descarga en una tolva y regresan nuevamente a ser cargados repitiéndose este ciclo continuamente durante el tiempo que la trituradora este trabajando.

Tabla 7. Relación de Equipo Móvil de Operación.

MINA AQUILA (Magnético I)				2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Cargadore	Modelo	Horómetro	Hrs. Reemp.								
3-21	992C	63.608	38000								
3-28	992D	54.164	38000								
3-34	992C	65.237	38000								
Camiones											
11-17	777	78.761	40000								
11-18	777	77.910	40000								
11-19	777	82.388	40000								
11-20	777	72.806	40000								
11-24	777	76.446	40000								
Rotarias											
5-20	RR10HD	51.340	36000								
Tractores											
2-13	D9L	85.273	36000								
2-14	D9R	30.362	36000								
Motoconformadoras											
8-07	12G	23.306	40000								

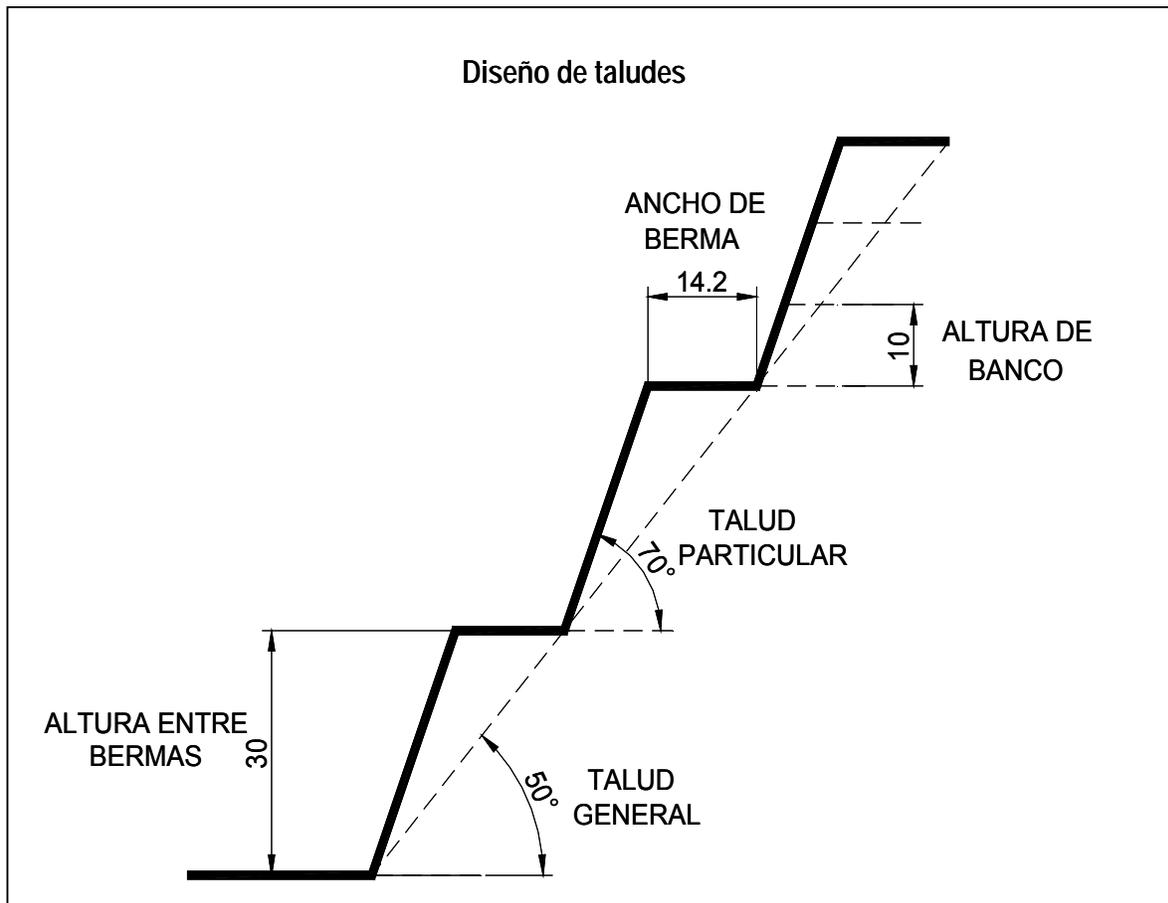
▲ Transferencia a otro proyecto
 ▼ Reemplazo de Equipo
 ● Equipo a dar de baja

Una vez que se entre a minado de mineral de ambas baja ley, el volumen a mover en Aquila, para integrar a las operaciones la totalidad de reservas del yacimiento, requiere del siguiente número de equipos.

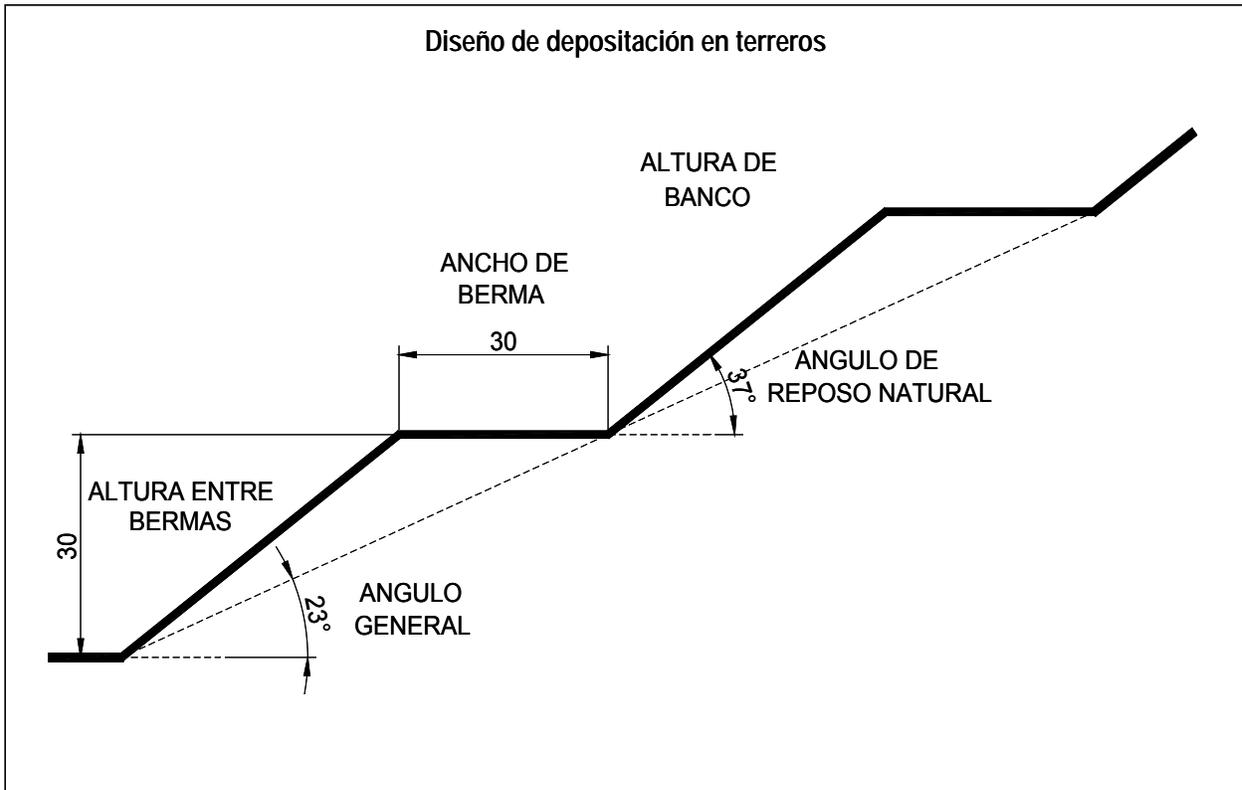
- 4 Cargadores
- 10 Camiones
- 3 Rotarias
- 3 Tractores
- 2 Motoconformadoras

Al cierre de las operaciones del Cerro Náhuatl, los equipos que se encuentran operando, se trasladaran a la mina Aquila, complementando las necesidades de equipo, para garantizar las condiciones de operación requerida.

El diseño de los taludes se hará de acuerdo al siguiente diagrama:



La depositación en terreros se hará de acuerdo con el siguiente diagrama:



Los tajos a explotar en la mina de Aquila se presentan en la tabla:

TAJOS A EXPLOTAR 2007~2023						
TAJO	COTAS (msnm)		SUPERFICIE Has.	MOVIMIENTO EN M TONS		
	MAXIMA	MINIMA		MINERAL	ESTERIL	TOTAL
CPO. PPAL Y MIR.	570	310	21-09-90	17,337	13,021	30,358
CPOS. NW 1 Y 2	700	490	14-75-70	7,734	16,559	24,293
CPO. NW 3	680	460	5-56-96	1,106	4,330	5,436
CPO. SE A	430	230	10-20-43	3,851	7,622	11,473
CPO. SE B	390	300	2-70-88	946	827	1,773
ENTORNO CERCANO				13,685	16,489	30,174
TERREROS				5,722		5,722
TOTAL			54-33-87	50,380	58,849	109,229

NOTA: No se tiene determinado aún la superficie para explotación del ENTORNO CERCANO

Los terreros en la mina de aquila se presentan en la siguiente tabla:

TERREROS MATERIAL ESTERIL 2007~2023						
TERRERO	COTAS (msnm)		SUPERFICIE Has.	CAPACIDAD DE DEPOSITACION		
	MAXIMA	MINIMA		Miles M3	Tons/M3	M Tons
CPO. PPAL Y MIR.	570	360	21-85-53	6,064	1.8	10,915
CPOS. NW's	620	440	19-93-69	5,269	1.8	9,483
COLAS DE PRECON.	580	380	19-94-09	5,448	1.8	9,807
CPO. SE B	410	360	5-93-17	959	1.8	1,725
ENTORNO CERCANO						
TOTAL			67-66-48	17,739	1.8	31,931

NOTA: No se tiene determinado aún la superficie para terreros del ENTORNO CERCANO

Los polvorines de Aquila operan con el permiso 3169-MICH, las capacidades máximas de almacenaje son las indicadas en la tabla.

Los explosivos son usados para el tumbado del mineral y el estéril, adicionalmente se usan en las actividades de moneo y plasteo, cuando estas son requeridas

POLVORIN No.	TIPO EXPLOSIVO	DIMENSIONES		CAPACIDAD MAXIMA
		LARGO	ANCHO	
1	ALTO Y BAJO EXPLOSIVO	17.60	5.85	Alto Explosivo 18,170 Kgs. Bajo Explosivo 75,000 Kgs Cordón Detonante 24,160 Mts.
2	ACCESORIOS	4.50	4.00	Iniciadores 11,500 Pzas. Conductores 3,820 Mts.

La ubicación de los polvorines se presenta en el anexo 11

C) BENEFICIO

En la mina Aquila se realiza el cribado y triturado del mineral hasta tener el tamaño adecuado de acuerdo al proceso. Después de la etapa final de la trituradora, el mineral magnético es separado por medio de una polea magnética del estéril para elevar la calidad del mismo. Las colas o material estéril es conducido a los terreros y el magnético es transportado al almacén de mineral para enviarse a la Estación de Transferencia Tecomán. El diagrama de flujo del proceso se encuentra en el Anexo 13.

El proceso de beneficio comienza en la parrilla Grizzly donde pasa el mineral menor de 4” a la criba primaria y el mineral mayor es alimentado a la Trituradora Primaria, donde es reducido a menos de 4”. Posteriormente el mineral menor a ¼” pasa a la tolva de finos primarios o naturales y el mineral mayor es alimentado mediante transportador a la Criba Secundaria junto con el material que sale de la trituradora primaria.

En la criba secundaria el mineral mayor de 1” pasa a la trituradora secundaria, el menor a ¼” es enviado por medio de transportador a la tolva de finos primarios donde se recibe el material y es enviado al almacén de finos naturales. El material mayor a ¼” a la criba terciaria donde es llevado a la trituradora terciaria donde estas quebradoras producen el tamaño final de la Planta de Trituración: menor a 1/4” trabajan en circuito cerrado con la criba terciaria.

Finalmente mediante el uso de un sistema de bandas colocado bajo el almacén de mineral (trozo o mineral magnético), mediante el uso de una tolva de llenado automática se alimenta a las góndolas de los tractocamiones (35 tons promedio) para su traslado a embarques Tecomán. El listado de Infraestructura existente y plano de localización se encuentra en el anexo 14.

Como ya se menciona, con el cambio de ley de mineral se requiera mayor capacidad de preconcentración y también debido a que donde actualmente se encuentran las instalaciones existe mineral, estas serán reubicadas para poder explotar estas áreas. La infraestructura y equipo que se reubicará será el existente en su mayoría, El listado de equipo que se instalará y reubicará, así como su ubicación se describe en el anexo 15.

Por medio de tractocamiones Volvo con góndolas cargadas con aproximadamente 35 tons de mineral, se transporta desde la Mina de Aquila a Estación de Transferencia Tecomán en un trayecto de 85 kms.

II.2.4 Construcción de obras asociadas o provisionales.

Para el proyecto se planea seguir aprovechando las instalaciones ya existentes, ya que se cuenta con la infraestructura necesaria para garantizar el suministro de servicios que permitan una operación congruente con el medio ambiente, reduciendo costos, optimizando el uso de las instalaciones de la mina. Como se puede observar en el anexo 11 layout de la mina Aquila se observa la ubicación actual de las obras asociadas. Entre los servicios que se tienen son:

- Servicio médico y respuesta a emergencias.
- Almacenes de Materiales.

- Almacén Temporal de Residuos Peligrosos
- Talleres de Mantenimiento.
- Comedores.
- Instalaciones sanitarias.
- Planta de tratamiento de agua residual
- Abastecimiento de energía eléctrica.
- Sistema de Telecomunicaciones.
- Laboratorio de análisis metalúrgicos.
- Oficinas.
- Caseta de Vigilancia.

Para 2009 algunas de estas instalaciones tendrán que ser reubicadas, las características y ubicación de estos servicios se muestra en el anexo 16.

Construcción de caminos de acceso y vialidades.

Como ya se mencionó, la Mina Aquila cuenta con acceso terrestre por lo que no será necesario la construcción de acceso y/o vialidades nuevas. A la localidad de Aquila se puede llegar por las carreteras que comunican a Colima con Michoacán, como se puede observar en el plano topográfico en el anexo 5; de esta forma, el predio se encuentra comunicado con la población de Aquila por medio de un camino angosto y sinuoso de terracería de 6.0 Km de longitud. Existe otro camino que comunica al predio donde se encuentra la Mina hacia la carretera Aquila-Coalcoman, alejado a una distancia aproximada de 1,5 Km, que es de terracería pero que se mantiene en buenas condiciones por el constante mantenimiento que tiene por parte de la empresa.

En la mina se proyecta la construcción de algunos caminos de acuerdo con la siguiente tabla y en el anexo 27 se presenta el plano correspondiente.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para la Ampliación de la superficie de explotación de la "Mina Aquila", Aquila, Michoacán.

CAMINOS	No.	LONGITUD		PENDIENTE	ORIGEN	DESTINO	OBJETIVO
		MTS.	MTS.	%	ELEV.	ELEV.	
INTERNOS	1	350	15	9%	330	300	Explotación Cuerpo SE "B"
	2	1,101	20	9%	330	230	Explotación Cuerpo SE "A"
	3	557	20	9%	360	310	Explotación Cuerpo Principal
	4	99	20	10%	460	450	Explotación Cuerpo Mirador
	7	895	20	9%	570	490	Explotación Cuerpos NW 1 y 2
EXTERNOS	5	1,180	20	10%	450	570	Acceso a Trituradora Cpo. Ppal.
	6	443	20	8%	570	605	Acceso a Trituradora
	8	300	20	3%	580	570	Acceso a Cuerpos NW 1 y 2.
	9	1,624	20	6%	570	475	Terreros Cuerpos NW 1, 2 y 3
	10	588	15	9%	330	380	Terreros Cuerpo SE B

Las obras de drenaje en la mina se presentan en la siguiente tabla y en el anexo 27 se presenta el plano correspondiente.

OBRAS	No.	EXTENSION	UNIDAD	UBICACION	OBJETIVO	
CANALES	2	165	M. L.	Base Polvorines - Curva Ancha	Control de Agua Pluvial al Area de Operaciones.	
	4	510	M. L.	Extremo Norte Terrero de Finos	Control inicial de Agua Pluvial al Area de Terreros	
	5	171	M. L.	Extremos Sur Terrero "La Vainilla"	Evitar arrastre de Finos en Terrero La Vainilla	
	6	531	M. L.	Base Camino General de Acarreo.	Captación de Solidos por arrastre en Pileta No. 10	
	8	146	M. L.	Cresta Norte Terrero de Finos.	Evitar arrastre de Solidos al Arroyo La Vainilla.	
	9	360	M. L.	Base de Terrero de Finos.	Evitar arrastre de Solidos al Arroyo La Vainilla.	
	10	214	M. L.	Base Terreros Cuerpo Mirador y Principal	Evitar arrastre de Solidos al Arroyo La Abuela.	
	11	221	M. L.	Base Sur Terrero Colas de Preconcentración	Evitar arrastre de Solidos al Arroyo La Abuela.	
	12	774	M. L.	Base Norte Terrero Colas de Preconcentración	Evitar arrastre de Solidos al Arroyo La Abuela.	
	13	427	M. L.	Base Polvorines.	Control de Agua Pluvial al Area de Operaciones.	
	14	468	M. L.	Cresta Superior Cuerpos NW 1 y 2	Control de Agua Pluvial al Area de Operaciones.	
	15	957	M. L.	Extremo Norte Terreros Cuerpos NW	Evitar arrastre de Solidos al Arroyo Grande.	
	16	803	M. L.	Extremo Sur Cuerpo NW 3	Evitar arrastre de Solidos al Arroyo Grande.	
	17	202	M. L.	Parte central de Cuerpo NW 3	Evitar arrastre de Solidos al Arroyo Grande.	
	CANALES DE DESVÍO	1	170	M. L.	Cuerpo SE "B"	Desvío del cauce "El Cabezal".
		2	259	M. L.	Cuerpo SE "A" Zona Norte	Desvío del cauce "La Vainilla".
		3	335	M. L.	Cuerpo SE "A" Zona Sur	Desvío del cauce "La Abuela".
PILETAS	4	3,327	M3	Camino Acceso a Instalaciones	Captación de Sólidos en Suspensión Terrero de Finos	
	6	2,027	M3	Camino Río Aquila	Captación de Sólidos en Suspensión Area Operativa	
	7	1,949	M3	Curva del Espejo Camino General de Acarreo	Cap. Sólidos en Suspensión Terreros Cuerpo Principal	
	8	869	M3	Cuerpo S-E "B"	Captación de Sólidos Cuerpo SE "B".	
	9	3,318	M3	Cuerpo S-E "A"	Cap.Sólidos Cuerpo SE "A". Flujo Arroyo "La Vainilla"	
	10	3,318	M3	Cuerpo S-E "A"	Cap.Sólidos Cuerpo SE "A". Flujo Arroyo "La Abuela"	
	11	1,866	M3	Extremo Sur Base Terrero Colas	Captación Sólidos Terrero de Colas	
	12	3,318	M3	Extremo Norte Base Terrero Colas	Captación Sólidos Terrero de Colas	
	13	3,318	M3	Extremo Poniente Cuerpo NW 3	Captación Sólidos Cuerpo NW 3.	
	14	3,960	M3	Extremo Poniente Terreros Cuerpos NW	Cap.Sólidos Terreros de Cuerpos NW.	
	TUBERIA CAUCE	1	405	M. L.	Base Terreros Cuerpo SE "B"	Conducción de cauce interno "Arroyo La Abuela"
		2	104	M. L.	Extremo Sur Canal 2	Conducción de cauce interno Canal 2.
	VADOS DE CONCRETO	1			Barranca "El Cabezal".	Cruce Arroyos Principales sin estar en contacto con el Agua
		2			Arroyo "La Vainilla"	Cruce Arroyos Principales sin estar en contacto con el Agua
3				Arroyo "La Abuela"	Cruce Arroyos Principales sin estar en contacto con el Agua	

II.2.5 Etapa de operación y mantenimiento

En el anexo 13 se encuentran los diagramas que describen el proceso de explotación del mineral, así como la tabla que describe el equipo que se utilizara para la operación de extracción del mineral, donde es importante destacar que la explotación del mineral de hierro con predominancia de mineral magnetico es un proceso mecánico que no involucra el uso de insumos químicos ni sustancias peligrosas.

La explotación del mineral se realiza siguiendo un programa de explotación preestablecido, el cual consiste en remover el material estéril (suelo y material geológico sin posibilidad de ser explotado) y después, por medio de las denominadas voladuras o detonaciones se fragmenta el mineral de hierro. Esta explotación se realiza de los niveles más altos a los más bajos, siguiendo diferentes niveles preestablecidos y que tienen una diferencia aproximada de altura de cinco metros entre cada nivel, tratando de adecuarse a las curvas de nivel naturales del terreno.

La etapa de operación y mantenimiento destinados al aprovechamiento del material ferroso, se desarrolla mediante las siguientes actividades:

a) Extracción del mineral, que a su vez comprende las fases de:

Barrenación: consiste en la realización de barrenos con una máquina de perforación en diámetros que van de un promedio 4.5 pulgadas y ocasionalmente con un mayor diámetro.

Tumbe: se refiere a la actividad necesaria para llenar el barreno con material explosivo y su posterior detonación para quebrar la roca a tamaños manejables en el equipo de carga.

Detonación: consiste en la detonación de los explosivos, lo cual se realiza con todo un procedimiento de seguridad, mediante una alarma sonora la cual significa el aviso de detonación que ocurrirá en un lapso de quince minutos, de tal manera que todo el personal debe de ubicarse en los sitios de seguridad preestablecidos. Cabe mencionar que al ingreso de la mina existe un letrero donde se tiene la fecha y hora programada de la detonación.

Carga: se utiliza un equipo de carga de 5.0 m³ o más; realizando las maniobras requeridas para el llenado de camiones mineros fuera de camino.

Acarreo: el equipo de carga pesada transporta el material hacia la tolva o área de la planta de trituración, donde se inicia el proceso de trituración.

b) Trituración: en esta etapa se recibe el material en una tolva para posteriormente conducirlo a la planta de trituración donde se procede a la fragmentación del mineral a tamaño menor, para su posterior separación de los materiales finos de los materiales magnéticos.

c) Cribado: se separan los diferentes tamaños de material, utilizando mallas o cribas de diferente tamaño, obteniendo los materiales magnéticos y hematíticos para su posterior proceso.

d) Separación: Los materiales magnéticos y hematíticos son separados mediante un rodillo magnético, que los separa de los materiales sin ningún contenido ferroso.

e) Transporte: Los materiales ferrosos son enviados mediante una banda transportadora hacia una tolva, donde son cargados en los camiones pesados y conducidos a su destino final

f) Carga y envío fuera de la mina: con un tolva y/o un cargador frontal son cargados las góndolas de 35 Ton de los traileres, que tienen la misión de transportarlo hacia la ciudad de Tecoman, donde se enviara por tren de carga hacia la planta peletizadora.

II.2.6 Etapa de abandono del sitio (post-operación)

Se ha estimado que la explotación de la Mina Aquila sea de 25 años para esta consolidar la presente etapa de ampliación, donde el objetivo relacionado con la protección ambiental de la empresa al abandonar la región considera el llevar a cabo las acciones que mitiguen las alteraciones al ambiente que hayan sido provocadas por las diferentes actividades de explotación de la mina. En este sentido los programas de restitución del área comprenderán las siguientes actividades:

- Programa de protección de acuíferos.
- Programa de reforestación y revegetación natural.
- Programa de limpieza; donde se incluye recoger y disponer cualquier tipo de desperdicio que permanezca en la zona afectada como resultado de la explotación de la mina.
- Programa de protección a la fauna: Donde se considera que para la protección de la fauna silvestre, se debe de establecer un programa de mejoramiento de

hábitat en áreas no sujetas a explotación del mineral, lo que obtiene mediante el manejo de la vegetación y protección al hábitat residual del predio. El establecimiento de medidas adicionales de protección, como prohibir la caza y la extracción de cualquier tipo de fauna silvestre, son elementos necesarios dentro del programa de protección a la fauna.

- Programa de restitución de la mina y el camino de acarreo comprende las actividades relacionadas con la completa limpieza de residuos presentes en el terreno afectado, incluyendo el camino de acarreo.
- Programa de siembra de árboles con especies endémicas en ambos márgenes del camino de acarreo.
- Programa de monitoreo de terreros: La cual integra la construcción, mantenimiento y aseguramiento de la estabilidad de las terrazas en las laderas de los cuerpos minados con el fin de propiciar el establecimiento de vegetación y minimizar la erosión, así como la colecta de germoplasma de las especies de árboles y arbustos presentes alrededor de la mina y promover su dispersión en las zonas afectadas.

En relación a los futuros planes de uso del área al concluir la vida útil del proyecto, se debe mencionar que no se espera utilizar el área de la mina para algún otro tipo de aprovechamiento, después de haber agotado los cuerpos de mineral. En el anexo 17 se muestra la geomorfología proyectada que tendrá el predio al concluir la explotación de la mina.

II.2.7 Utilización de explosivos

Los tipos de explosivos que se utilizarán en la Mina Aquila, corresponden al denominado del tipo ANFO (Amonium Nitrate Fuel Oil) (bajo explosivo) y GEL (alto explosivo). El uso de explosivos esta muy delimitado al área de aprovechamiento del mineral ferroso, lo cual no tiene repercusiones negativas en sitios alejados; por otra parte, el uso de los explosivos es de tal manera que las vibraciones sísmica que se generan son imperceptibles a una distancia de 50 metros del sitio de la voladura o detonación. Lo anterior es consecuencia de la consolidación del material ferroso, y por el hecho de que exclusivamente en el yacimiento de minerales hematíticos y magnéticos se procede al uso de explosivos.

Así mismo es importante mencionar que estas actividades se ajustan a las medidas de seguridad que determinan los fabricantes de explosivos (ICI y DUPONT), a lo normado por la SEDENA y a las medidas de seguridad señaladas en la **NOM-121-STPS-1996, Seguridad e higiene para los trabajos que se realicen en las minas.**

II.2.8 Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera.

Agua

El agua que se utilizará durante la operación y mantenimiento de la mina Aquila provendrá de del aprovechamiento de agua superficial que actualmente se tiene del manantial en la Barranca del Tenamaxti, con título de concesión 08MCH123345/17EOGE06 de fecha 14 de marzo de 2006, con su respectiva autorización de uso de zona federal con Título de Concesión 08MCH123343/17EGGE06 de fecha 14 de marzo de 2006, con un volumen de aprovechamiento autorizado de 156.38 m³/ día. Anexo 10.

A continuación se presenta una tabla que muestra los estimados en el consumo de agua:

Agua para caminos:	120 m ³ /día
Agua para trituración	1 m ³ /día
Agua para servicios	3 m ³ /día
Agua para el laboratorio	3 m ³ /día
Total	135 m ³ /día

Aguas residuales

Dentro de las aguas residuales generadas solo se consideran las pertenecientes al rubro correspondientes de agua de servicios, donde se incluye la limpieza, sanitarios y comedor, principalmente. Dentro de su composición se puede mencionar que corresponden a aguas de tipo domésticos, caracterizadas por materia fecal, detergentes, grasas provenientes de la elaboración de los alimentos en el comedor, lo cual es generado en cualquier casa habitación. En cuanto a la descarga de agua residual proveniente de los servicios se tiene un volumen estimado de aproximadamente 3 m³/día.

Las aguas residuales son tratadas en la Planta de Tratamiento de Agua Residual y descargadas al suelo, de acuerdo al título de concesión 08MCH123344/17EOGE06 de fecha

14 de Marzo de 2006, Ver anexo 10. Esta descarga es controlada mediante un programa trimestral de analisis para verificar el cumplimiento de las condiciones particulares de descarga, realizado por un laboratorio acreditado ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) y Autorizado por la Comisión Nacional del Agua (CNA)

Residuos sólidos

Los residuos sólidos que se generan son residuos vegetales en la etapa de preparación del sitio los cuales tendrán un volumen variable y serán mezclados con suelo y ubicados en sitios que sean necesarios. Los elementos maderables que sean retirados se donarán a los propietarios del predio.

La generación de residuos no peligrosos tales como residuos sólidos urbanos se estima en un volumen de 0.13 ton/día. Para los residuos inorgánicos y orgánicos, se contará con contenedores separados, identificados y cerrados, los cuales serán dispuestos en el relleno sanitario de la instalación y/o en depósitos de chatarra reciclable o de recuperable de la mina Aquila de acuerdo al procedimiento general de manejo de residuos sólidos de la empresa y su Plan de Manejo Integral de Residuos.

Dentro de los residuos generados por la explotación del yacimiento de material ferroso se encuentra el material de despilme que se colocara en los sitios que se requiera.

El material de descapote y de las colas de materiales estériles, serán ubicados en los terrenos diseñados ex profeso.

Por otra parte los residuos peligrosos se estiman que comprenderán 0.47 ton/día y se tiene contemplado los siguientes siguientes residuos:

Tabla 8 Estimado de la generación anual de Residuos Peligrosos de la Mina Águila.

Concepto	TOTAL
Residuos peligrosos (TON)	
Aceite Lubricante Gastado	75.00
Material contaminado con hidrocarburos.	85.00
Grasas Contaminadas	1.80
Solventes gastados	1.50
Material eléctrico usado	0.50
Pilas secas de níquel-cadmio	0.50
Baterías plomo ácido	0.00
Acumuladores	5.50
Residuos de Pintura	0.10
Envases usados de reactivos	0.10
TOTAL	170.00

Para el manejo interno de los residuos de aceite gastado se cuenta con un tanque de almacenamiento, provisto con dique de contención y para el resto de los residuos peligrosos sólidos serán enviados al Almacén de Residuos Peligrosos de la mina en recipientes adecuados a las características del residuo e identificados y registrados en bitácora.

La información contenida en la bitácora debe concordar con los manifiestos de generación y los manifiestos de entrega, transporte y recepción. Para que se permita la salida de residuos peligrosos del área de las obras, deberá contarse con una copia de los permisos de SEMARNAT y SCT que autorizan a la empresa transportista el movimiento de residuos peligrosos y a la empresa receptora el tratamiento o disposición de los residuos.

Lo anterior, también en conformidad al Plan de Manejo Integral de Residuos de la mina. Anexo 18, procedimiento para el Manejo de Residuos Peligrosos.

Emisiones a la atmosfera

Los principales gases de combustión generados durante la etapa de operación y mantenimiento de la explotación del yacimiento de la Mina de Aquila comprenden las emisiones a la atmósfera generadas por la combustión de gasolina y diesel procedentes de la operación diaria de los vehículos y maquinaria.

Ruido

Los niveles de ruido que se producirán en la mina serán variables, y pueden alcanzar los 95 dB, dado que se trata de un aprovechamiento a cielo abierto, lo que reduce significativamente la exposición a ruido a los trabajadores. Se tendrán diferentes fuentes generadoras de ruido como resultado de la operación de la maquinaria, tránsito de vehículos y camiones de carga. Donde el ruido generado es prácticamente todo el día, ya que la operación de la planta trituradora solo se suspende para otorgar el mantenimiento preventivo programado y el correctivo cuando se haga necesario. Pero el movimiento de los vehículos de carga y maquinaria puede realizarse sin obstáculo alguno.

El único momento cuando no existe la generación del ruido corresponden al tiempo de los 15 minutos previos a la detonación programada, después de ejecutada la voladura, todos los equipos y vehículos de carga retornan a sus condiciones normales de operación.

El mayor impacto derivado de la generación de ruido es sobre los trabajadores, por lo cual se cuenta con un Reglamento de Seguridad, donde se estipula la utilización obligatoria de protección auditiva (tapones y/o conchas protectoras) y programa periódicos de audiometrías al personal expuesto. El reglamento se incluye en el anexo 19.

Cabe destacar que el ruido queda confinado dentro de las instalaciones de la mina y no se perciben ruidos de la planta trituradora ni de las detonaciones fuera del área de operación de la mina, razón por lo cual las barreras físicas existentes como es la vegetación y las porciones del relieve, fungen como barreras sónica que impiden una mayor dispersión del ruido emitido.

Por otra parte, se tiene que el movimiento y tránsito de camiones pesados causan ligeras molestias al poblado de Aquila y algunas rancherías, debido a que son paso obligado para la conducción del material ferroso hacia la ciudad de Tecoman, en el Estado de Colima.

II.2.9 Infraestructura para el manejo y la disposición adecuada de los residuos

En todas las áreas generadoras se cuenta con sitios de acopio temporal, provistos suelo de concreto, trinchera y techo, donde se clasifican los residuos de acuerdo a sus características.

En relación a los residuos domésticos estos serán almacenados en tambos de 200 L y posteriormente serán transportados hacia el sitio de disposición final en el relleno sanitario. Por otra parte el material reciclable como chatarra, aluminio, entre otros, es almacenado en el Almacén Temporal de Reciclables para su valorización y venta. En cuanto al resto de los residuos de manejo especial como la basura industrial no aprovechable se envía al patio de basura industrial, donde es recolectado por una empresa autorizada para su manejo final.

Los residuos considerados como peligrosos serán almacenados en el Almacén de Residuos Peligrosos de la mina en recipientes adecuados a las características del residuo e identificados y registrados en bitácora. Las características de diseño del almacén se encuentran en el anexo 20.

II.2.10 Otras fuentes de daños

Es importante mencionar que la ampliación del área de explotación de la Mina Aquila, no tendrá efectos negativos relacionados con la posible contaminación por vibraciones, radiactividad, térmica o luminosa, dado que no integraran ningún tipo de este tipo de fuentes generadoras.

Planes de emergencia para posibles accidentes.

La explotación del mineral de hierro en la mina Aquila no involucra grandes riesgos debido a que la mina es a cielo abierto. Este hecho reduce significativamente los riesgos de derrumbes de túneles, explosiones de gases e inundaciones. Es necesario mencionar que la conformación de los terreros se conducen de acuerdo a la ingeniería de diseño que permite asegurar la estabilidad de estos sitios y en caso de ser necesario integrar las obras de protección se realizarán de inmediato. Ahora bien en la Mina Aquila se tiene un “robot”, que de manera automatizada y durante las 24 horas del día y a lo largo de todo el año, revisa la posición topográfica de 22 estaciones ubicadas en diferentes partes de la zona de explotación, oficinas, y terrenos, detectando cualquier movimiento inusual, ya sea un hundimiento, deslizamientos o colapsamiento de alguna parte de las distintas áreas de trabajo. Con esta herramienta automatizada se tiene una garantía de atender cualquier incidente dentro de la Mina Aquila.

Por otra parte, cabe destacar que el proceso de extracción del mineral de hierro en la Mina Aquila no requiere el uso de sustancias tóxicas, como es el caso del uso de cianuro en las minas de oro o cobre. El único material peligroso utilizado en el proceso extractivo es el material para explosiones ANFO, el cual es empleado en las denominadas detonaciones o voladuras.

Los procedimientos para almacenamiento en los polvorines diseñados y ubicados de acuerdo a las medidas de extrema seguridad, transporte y manejo de este material explosivo cumplen con lo establecido por la SEDENA. La empresa Las Encinas durante sus 45 años de operación ha utilizado este tipo de materiales, por lo que su personal está plenamente capacitado y entrenado para el transporte, manejo y uso de este tipo de explosivos.

Para reforzar las condiciones de seguridad de operación en la Mina Aquila, se cuenta con el Reglamento de Seguridad e Higiene, así como la capacitación permanente a todo el personal, así como campañas de prevención de accidentes.

III. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN DE USO DE SUELO

En este capítulo se analiza la información sectorial, los planes de desarrollo de la región y las disposiciones jurídico normativas a nivel Federal, Estatal e Internacional, aplicables a los diferentes aspectos involucrados en el desarrollo y protección ambiental de la región, los cuales serán observados durante el desarrollo de cada una de las actividades mineras.

El sector minero mexicano es parte importante de la economía del Gobierno de la Republica, para cumplir con su compromiso de generar mejores condiciones para el crecimiento y el mejoramiento de la calidad de vida de los mexicanos.

El proyecto presenta concordancia con respecto a las políticas regionales de desarrollo social, económico y ecológico, contempladas en los planes de desarrollo en los niveles federal y estatal.

PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2001-2006 (PND).

El PND presentado por el gobierno federal a través de sus tres unidades administrativas, Comisión para el Desarrollo Social y Humano, Comisión para el Crecimiento con Calidad y Comisión de Orden y Respeto, establece los objetivos rectores y estrategias a seguir para el desarrollo de todos los sectores del país.

El objetivo rector 2 con respecto a elevar y extender la competitividad del país de manera directa dentro del sector minero se fomentará un mejor aprovechamiento de los recursos, mediante el perfeccionamiento del marco normativo y la aplicación de programas de apoyo técnico y financiero para facilitar la identificación de nuevos yacimientos minerales, para diversificar la producción y para incrementar la competitividad de las empresas mineras, principalmente las de menor tamaño

Así mismo se trata de promover el desarrollo económico regional equilibrado creando condiciones para un desarrollo sustentable. El crecimiento que busca el Plan es un crecimiento con calidad, que ocurra con tasas altas, sostenidas y estables, y que excluya la recurrencia de crisis. Se trata de un crecimiento ecológicamente sustentable, que sea capaz

de balancear la expansión económica y la reducción de la pobreza con la protección del medio ambiente;

De forma indirecta se considera que la vivienda digna para todos los mexicanos es una de las más altas prioridades del Estado. La calidad y continuidad de este esfuerzo sólo se podrá asegurar mediante el compromiso y permanencia de los actores con el fin de reducir el gran déficit de vivienda que existe en el país, en calidad y cantidad. Siendo esta área del sector minero quien aporta materiales bases para el desarrollo de la vivienda.

La industria de la construcción ocupa de manera directa a 2.2 millones de personas y transmite efectos multiplicadores sobre 21 ramas industriales que crean empleo adicional. Por esa razón, el Consejo Nacional de Vivienda será el instrumento principal para definir y ejecutar este cambio estructural. En la construcción de viviendas se utilizan diferentes insumos y uno de ellos es precisamente los productos que se producen en Hylsa, resultando relevante su actividad.

Se debe garantizar la sustentabilidad ecológica del desarrollo económico en todas las regiones del País, para lo cual se considera la estrategia c] del Objetivo rector 4: Promover el Desarrollo Económico Equilibrado.

La protección y restauración del hábitat natural de las diferentes zonas se mantendrán como propósitos no discutibles en los procesos de desarrollo económico. Existen grandes retos relacionados con la integridad de los ecosistemas. El saneamiento y aprovechamiento de aguas residuales, la conservación del suelo fértil evitando la conversión de suelo agrícola en suelo urbano y del suelo forestal en suelo agrícola, la recuperación de los mantos acuíferos, el manejo adecuado de desechos agrícolas e industriales, la preservación de la diversidad biológica y una explotación racional de los recursos naturales renovables y no renovables serán aspectos a contemplarse y respetarse por quienes deseen emprender o mantener actividades económicas.

Se deberá promover el establecimiento de políticas y lineamientos ambientales que puedan ser aplicados en todos los procesos operativos y toma de decisiones de las instituciones gubernamentales, así como una cultura de responsabilidad ambiental que contribuya al

bienestar de la sociedad y procurar mejorar en forma continua los procesos industriales y se asegurará el pleno cumplimiento de la normatividad ambiental.

PLAN DE DESARROLLO DEL ESTADO DE MICHOACAN.

El Programa de Desarrollo de la presente administración, no contempla de forma directa relación alguna con los proyectos a realizar por las diferentes áreas mineras, pero en el se menciona que la región de la Sierra-Costa a la que pertenece el municipio de Aquila es una zona con grandes carencias donde destaca el desempleo que es alto, en contraste, la zona es muy rica en recursos minerales, en fauna marina, así como en recursos forestales y vegetales. Los programas de gobierno que se dirijan a la Región Sierra Sur-Costa buscarán la modernización productiva bajo esquemas de desarrollo basados en los principios de equidad y sustentabilidad.

Proponer la elaboración, revisión, difusión y ejecución de los planes y programas de protección del medio ambiente, ordenamiento territorial, protección, conservación y restauración de los ecosistemas de la región, y la preservación del equilibrio ecológico

En este programa se manifiesta que "la cuestión del medio ambiente" da centralidad al paradigma del desarrollo sustentable, en el entendido de que la sustentabilidad busca, en esencia, el bienestar social y la eficiencia económica sin transgredir los límites biofísicos del mundo natural, a través de la toma de conciencia ecológica y social de los ciudadanos y de la recuperación y/ o ampliación de su poder de decisión y de gestión.

ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS NORMATIVOS.

A continuación se describe el marco normativo federal, local y disposiciones reglamentarias que regulan al presente proyecto.

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS.

De acuerdo a lo establecido en la Constitución en el Artículo 27, la propiedad de los derechos de la tierra y el agua comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, pertenecen a la nación, la cual ha tenido el derecho de transmitir el dominio de estos a los particulares, constituyendo la propiedad privada.

Asimismo, señala el dominio directo de todos los recursos naturales de la plataforma continental y los zócalos submarinos de las islas; de todos los minerales o substancias que en vetas, masas o yacimientos constituyan depósitos cuya naturaleza sea distinta de los componentes de los terrenos, tales como los minerales de los que se extraigan metales y metaloides utilizados en la industria y el espacio situado sobre el territorio nacional en la extensión y términos que fije el derecho internacional.

LEYES

LEY MINERA.

Es el principal ordenamiento jurídico vigente en materia de minería. Dicha Ley fue promulgada por el Ejecutivo Federal y publicada en el Diario Oficial de la Federación el 26 de junio de 1992.

La Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en materia minera consta de 59 disposiciones permanentes, a través de las cuales se pretende regular la exploración, explotación, y beneficio de los minerales o sustancias que en vetas, mantos, masas o yacimientos constituyan depósitos cuya naturaleza sea distinta de los componentes de los terrenos,, enfocada de igual forma, a la protección del medio ambiente en su conjunto, como se indica en el artículo 27 fracción IV.

LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE (LGEEPA).

La LGEEPA, es el principal ordenamiento jurídico vigente en materia de protección ambiental. Fue promulgada por el Ejecutivo Federal y publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988, misma que entro en vigor el 1º de marzo del mismo año.

En el Artículo 1º de ésta Ley se establece que la Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción.

Se establece que el objeto de la Ley es la regulación, prevención y restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente.

Así mismo establece en su Artículo 5º. que son facultades de la Federación La regulación de las actividades relacionadas con la exploración, explotación y beneficio de los minerales, substancias y demás recursos del subsuelo que corresponden a la nación, en lo relativo a los efectos que dichas actividades puedan generar sobre el equilibrio ecológico y el ambiente

En lo conducente al proyecto, el Artículo 28 manifiesta que la evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales (SEMARNAT) establece las condiciones a las que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidas en las disposiciones aplicables para proteger al ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, con el fin de evitar o reducir al máximo sus efectos negativos sobre el ambiente. Para ello, en los casos que establezca el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría:

III. Exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la Federación en los términos de las Leyes Minera y Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear

La evaluación del impacto ambiental en la industria minera comprende aquellos efectos de todas y cada una de las fases involucradas en las etapas de exploración, explotación, y beneficio. Es decir, comprende a todas aquellas actividades que pudieran afectar a los recursos naturales, representados básicamente por el agua, el aire, el suelo y los recursos naturales.

Como se menciona en el Artículo 99, las actividades de extracción de materias de subsuelo; la exploración, explotación, beneficio y aprovechamiento de sustancias minerales; las excavaciones y todas aquellas acciones que alteren la cubierta y suelos forestales deberán considerarse los criterios ecológicos que se mencionan en el Artículo 98

En el Artículo 108 se indica que para prevenir y controlar los efectos generados en la exploración y explotación de los recursos no renovables en el equilibrio ecológico e integridad de los ecosistemas, la Secretaría expedirá las normas oficiales mexicanas que permitan:

- I. El control de la calidad de las aguas y la protección de las que sean utilizadas o sean el resultado de esas actividades, de modo que puedan ser objeto de otros usos;
- II. La protección de los suelos y de la flora y fauna silvestres, de manera que las alteraciones topográficas que generen esas actividades sean oportuna y debidamente tratadas; y
- III. La adecuada ubicación y formas de los depósitos de desmontes, relaves y escorias de las minas y establecimiento de beneficio de los minerales.

LEY DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE DEL ESTADO DE MICHOACAN DE OCAMPO.

Publicada en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de fecha 13 de abril de 2000.

Esta reglamentación es de orden público e interés social, sus disposiciones son de observancia obligatoria en el territorio del Estado, tiene por objeto la preservación, conservación y restauración del equilibrio ecológico así como la protección y mejoramiento del ambiente conforme a las facultades que se derivan de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y las Leyes de Salud, de Desarrollo Urbano y demás ordenamientos aplicables.

REGLAMENTOS

REGLAMENTO DE LA LEY REGLAMENTARIA DEL ARTICULO 27 CONSTITUCIONAL EN MATERIA MINERA.

Publicado en Diario Oficial de la Federación el 15 de febrero de 1999, teniendo por objeto regular la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo Minero.

En el presente Reglamento menciona en su artículo 2º, la forma de presentación de solicitudes, avisos, informes y promociones a los que se refiere la Ley y que se efectuarán en términos del Reglamento y de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo, y deberá

acompañarse, en su caso, de la copia del comprobante de pago de los derechos previstos por la Ley Federal de Derechos.

En los subsecuentes artículos se habla del procedimiento que implica en todos sus aspectos la actividad minera.

REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL.

Publicado en el Diario Oficial de la Federación de fecha 30 de mayo del 2000, es de observancia general en todo el territorio nacional y en las zonas donde la Nación ejerce su jurisdicción; tiene por objeto reglamentar la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental ha nivel federal.

En lo concerniente al proyecto, el citado reglamento manifiesta que en la Industria Minera cuando se realice actividades de exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la federación, requerirá de autorización previa de la Secretaria, en materia de impacto ambiental. Esto se manifiesta en las fracciones I a III del inciso L del artículo quinto.

REGLAMENTO DE LA LEY DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE DEL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.

Publicado en el Periódico Oficial del Gobierno Constitucional del Estado de Michoacán de Ocampo el 17 de Mayo del 2004.

En lo concerniente al proyecto, el reglamento aplica en actividades relacionadas con el manejo de residuos sólidos no peligrosos.

Además de la regulación federal, en el reglamento se aplican a nivel local el cumplimiento de lo estipulado en el Artículo 104 relativo a la prevención de la contaminación de la atmósfera causada por fuentes móviles, a través de la verificación obligatoria de emisiones de gases en general, humos y partículas contaminantes de los vehículos de motor terrestre registrados en el Estado.

Con lo que respecta a fuentes fijas independientemente de lo establecido por normativas federales se aplican los Artículos del 149 al 158.

Con lo que concierne al factor agua se deberá cumplir con la normatividad particular que establece el reglamento en su Título Octavo.

NORMATIVA MUNICIPAL

PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL

Publicado en el Periódico Oficial del Gobierno Constitucional del Estado de Michoacán de Ocampo el 30 de Junio del 2005

Uno de los retos que se plantea la administración pública Municipal es de juntar las bases para un desarrollo económico igualitario, donde todos tengan las mismas oportunidades de desarrollo en toda la geografía del municipio, para así contribuir al mejoramiento del ingreso de todos los habitantes de Aquila llevando a cabo acciones en los rubros de agricultura, artesanías, ganadería, forestal, pesca, turismo y minería.

Con respecto a la minería se indica que los yacimientos ferríferos de Aquila y la Guayabera son las mas importantes de la zona; se les ha calculado reservas y leyes de interés económico, así mismo, se ha hecho una diferenciación en cuanto a sus orígenes. Se plantea como objetivo llevar a cabo la explotación de las diferentes minas que existen dentro del municipio, utilizando como estrategia la invitación a empresas mineras, para que exploten las minas existentes en el municipio.

De acuerdo al Plan de Desarrollo Municipal de Aquila, Michoacán, se señala como objetivo llevar a cabo la explotación de las diferentes minas que existen dentro del municipio, usando como estrategia:

- 1) Invitar a empresas mineras para que exploten las minas existentes en el municipio, y
- 2) Realizar un estudio completo dentro de todo el municipio para conocer con qué minas se cuenta y qué potencial de minerales contienen.

Conforme a esos criterios se establecieron diversos escenarios para el crecimiento del municipio, donde se contempla el sector minero de la siguiente manera:

ESCENARIOS

Aspectos	Tendencia	Estrategia
Minería	<ul style="list-style-type: none">• No ser aprovechada	<ul style="list-style-type: none">• Aprovechamiento tecnificado, sustentable y racional de los recursos minerales

El objetivo es privilegiar el crecimiento del sector minero con un aprovechamiento racional, y aplicando las medidas de compensación necesarias para mantener un equilibrio en el medio.

En el municipio conciben el desarrollo urbano, como la conducción del crecimiento ordenado de los asentamientos humanos con base en criterios de sustentabilidad, de cuidado del medio ambiente, de manera que satisfaga las necesidades actuales y prevea las futuras, en armonía con el medio ambiente que nos rodea, ya que será la base de una mejor calidad de vida. Dentro de las estrategias relevantes en materia ambiental están la promoción del cuidado y preservación del medio ambiente y promover la construcción de áreas verdes,

BANDO DE GOBIERNO MUNICIPAL DEL MUNICIPIO

Publicado en el Periódico Oficial del Gobierno Constitucional del Estado de Michoacán de Ocampo el 6 de Octubre del 2006

En el Bando no se presentan indicaciones con respecto a la actividad minera. Aplican al proyecto la protección al ambiente.

NORMAS

Las normas nacionales que son aplicables al proyecto se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Normas Mexicanas

NORMA	ÁREA	CONCEPTO
NOM-001-SEMARNAT-1996	agua	Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para la Ampliación de la superficie de explotación de la “Mina Aquila”, Aquila, Michoacán.

NORMA	ÁREA	CONCEPTO
NOM-041-SEMARNAT-1993	aire	Que establece los niveles maximos permisibles de emision de gases contaminantes provenientes del escape de los vehiculos automotores en circulacion que usan gasolina como combustible
NOM-043-SEMARNAT-1993		Establece los límites máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas
NOM-044-SEMARNAT-2006		Que establece los niveles maximos permisibles de emision de hidrocarburos, monoxido de carbono, oxidos de nitrogeno, particulas suspendidas totales y opacidad de humo provenientes del escape de motores nuevos que usan diesel como combustible y que se utilizaran para la propulsion de vehiculos automotores con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos
NOM-085-SEMARNAT-1994		Establece los límites máximos permisibles de emisión a la atmósfera de humos partículas suspendidas totales, óxidos de azufre y nitrógeno; así como las condiciones de operación de los equipos de calentamiento indirecto por combustión y los niveles de dióxido de azufre permitidos
NOM-086-SEMARNAT-1994		Establece las especificaciones sobre protección ambiental que deben reunir los combustibles fósiles líquidos y gaseosos que se usan en fuentes fijas y móviles
NOM-076-SEMARNAT-1995		Que establece los niveles maximos permisibles de emision de hidrocarburos no quemados, monoxido de carbono y oxidos de nitrogeno provenientes del escape, asi como de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible, que usan gasolina, gas licuado de petroleo, gas natural y otros combustibles alternos y que se utilizaran para la propulsion de vehiculos automotores, con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos nuevos en planta
NOM-059-SEMARNAT-1994	Recursos	Determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestre terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, y establece las especificaciones para su protección
NOM-052-SEMARNAT-2005	Residuos y sustancias peligrosas	Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los limites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente
NOM-054-SEMARNAT-1993		Determina la incompatibilidad entre dos o más residuos peligrosos.
NOM-055-SEMARNAT-1993		Asienta los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos (excepto los radioactivos)
NOM-003-SCT2-1994		Para el transporte de materiales y residuos peligrosos. Características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de materiales y residuos peligrosos
NOM-003-SCT2-1994		Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos
NOM-004-SCT2-1994		Compatibilidad para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 1. explosivos
NOM-010-SCT2-1994	Residuos y sustancias peligrosas	Disposiciones de compatibilidad y segregación para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos
NOM-011-SCT2-1994		Condiciones para el transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos en cantidades limitadas
NOM-012-SCT2-1994		Lineamientos para la generación del plan de contingencias para embarcaciones que transportan mercancías
NOM-019-SCT2-1994		Disposiciones generales para la limpieza y control de remanentes de sustancias y residuos peligrosos en las unidades que transportan materiales y residuos peligrosos
NOM-EM-020-SCT2-1995		Requerimientos generales para el diseño y construcción de autotanques destinados al transporte de materiales y residuos peligrosos

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para la Ampliación de la superficie de explotación de la “Mina Aquila”, Aquila, Michoacán.

NORMA	ÁREA	CONCEPTO
NOM-081-SEMARNAT-1994	Ruido	Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición
NOM-120-SEMARNAT-1997	Minería	Que establece las especificaciones de protección ambiental para las actividades de exploración minera directa en zonas con climas secos y templados en donde se desarrolle vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinos

De acuerdo al análisis en el presente capítulo, el proyecto “Mina de Aquila”, es viable, toda vez que los planteamientos para el desarrollo del citado proyecto, no contravienen con el Plan de Desarrollo de la Entidad Federativa correspondiente así como ninguna disposición de carácter federal, estatal o local ya que se encuentra dentro del marco normativo y cumple con todas y cada una de las normas y regulaciones previstas.

Asimismo, es de manifestarse que muchas de las normas que conlleva el proyecto son de carácter regulatorio operacional, por lo que no se entrará a su ámbito de aplicación hasta que dicho proyecto no se encuentre concluido y en operación.

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

IV.1 Delimitación del área de estudio

El proyecto se realizará en el Municipio de Aquila en el Estado de Michoacán ubicado a 6 Km. al NE de la Localidad de Aquila, delimitado por las siguientes coordenadas:

Tabla 9. Coordenadas del Polígono de la Zona del proyecto de la Mina de Aquila

Punto	x	y
1	660317.781	2059355.820
2	660887.781	2059407.862
3	661182.790	2059206.871
4	661457.794	2059190.854
5	661593.739	2059580.870
6	661564.726	2059938.867
7	661007.727	2059907.888
8	661007.727	2060140.888
9	661168.746	2060425.875
10	661164.731	2060725.878
11	661362.685	2061140.896
12	660862.685	2061140.896
13	660565.698	2061298.918
14	660354.666	2060780.937
15	660097.666	2060780.937
16	660092.691	2060986.937
17	659517.693	2060991.955
18	659517.693	2061450.955
19	658962.693	2061450.955
20	658962.693	2060615.955
21	658774.694	2060535.960
22	658807.763	2059825.960
23	659523.766	2059830.959
24	659564.753	2059665.953
25	660207.753	2059620.990

La superficie total del predio es de 383-51-83 ha. y el área requerida para la ampliación de la explotación del mineral de hierro en la Mina de Aquila corresponde a una superficie de 193-26-24 ha adicionales a las 52-00-00 ha que se tienen en operación actualmente da un total 245-26-24 ha.

La distribución de las actividades y las dimensiones del proyecto se tienen los siguientes conceptos:

Concepto	Superficie (has)
Superficie del predio	383.52
Superficie aprovechada (impactada)	166.24
Sitios para los terreros	79.02
Área libre	138.25

El predio correspondiente a la ampliación del superficie de aprovechamiento de la Mina Aquila, se ubica al Sur de la Comunidad Indígena de San Miguel de Aquila y cerca de las siguientes rancherías:

Nombre	No. casas	Distancia al predio
La Coyulera	4	980 m al NE del área de explotación
La Vainilla	6	800 m al NE
El Mango Arrancado	2	1.7 Km al NW
El Chafre	4	2.8 Km al NE
La Abuela	3	1.8 Km. al NE
La Estanzuela	6	3.5 Km al SE

La zona de aprovechamiento corresponde a una serranía de origen vulcano sedimentario, donde las intrusiones de mineral hematítico y magnético se encuentran incrustados en una matriz de rocas sedimentarias y granodioríticas, que han favorecido el desarrollo y evolución de cuatro diferentes unidades de suelos, (Clasificación de la WRB-SR y FAO, 2006), correspondientes a los Leptosoles (suelos someros, menor de 25 cm de profundidad, que presentan una alta pedregosidad o descansan sobre una roca continua coherente; Cambisoles, son suelos con una parcial pero evidente transformación del material parental, muestran por lo menos el inicio de la diferenciación del horizonte B en el subsuelo, así como cambios evidentes en estructura, color, moderado contenido de arcilla y de carbonatos y sobre todo una decoloración pardusca, y/o del retiro de carbonatos; Ferralsoles, suelos con un horizonte mólico de 24 cm de espesor, que sobreyace sobre varios horizontes dominados por una coloración rojiza en todo el perfil y finalmente, la unidad Tecnosoles, que de acuerdo a la nueva clasificación de la WRB-SR 2006, corresponden a los suelos formados por las actividades humanas, de donde la conformación de las zonas de terreros dentro del área de explotación de la Mina Aquila, se clasifican dentro de esta unidad de suelo.

El clima dominante es cálido subhúmedo con lluvias en verano, marcha tipo ganges, isotermal, la clave de este grupo climático es Cw'ig, que favorecen el desarrollo de comunidades de selva baja y mediana caducifolias, la cual ha sufrido la presión antropogénica y el cambio de uso del suelo, hacia agricultura de temporal y ganadería extensiva, dejando una matriz de parches con vegetación inducida, cultivos y cuando se llega al abandono, el área tiende a la recuperación de sus comunidad vegetal, con una vegetación secundaria.

Dentro de la hidrología y dado la abrupto del pasaje geomorfológico, se encuentran varios arroyos como La Abuela, La Vainilla y Tenamastes y cuyos volúmenes hidrológicos son tributarios al Río Aquila, que cruza la cabecera municipal, que lleva el mismo nombre.

Como se ha mencionado existe una mezcla heterogénea que contempla diferentes matrices de vegetación natural y secundaria, así como parches de pastizal inducido y agricultura de temporal, con corredores de bosques de galería lo largo de todos los arroyos que coinciden en toda el área de estudio.

El uso del suelo ya ha sido destinado como uso minero, dado que la Mina Aquila se encuentra en operación y mantenimiento, y solo se obtendrá una ampliación de la superficie a explotar.

IV.2 Caracterización y análisis del sistema ambiental

IV.2.1 Aspectos abióticos

a) CLIMA

IV.2.a.1 • Tipo de clima

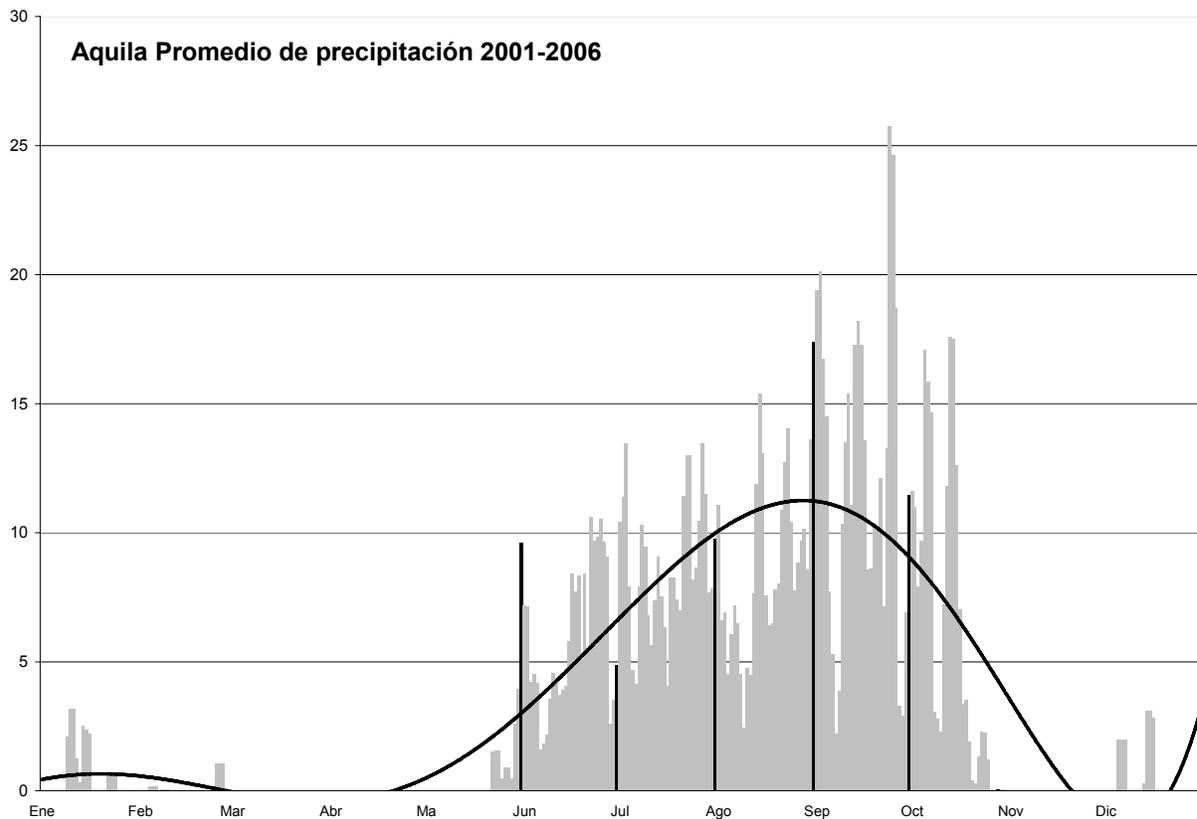
El clima en la región es cálido subhúmedo, intermedio en cuanto a humedad con lluvias en verano y sequía en invierno, un porcentaje de lluvia invernal menor de 5 mm, así como temperatura media anual entre 26 ° C.

IV.2.a.2 Temperatura promedio.

La temperatura media anual varía entre 24 y 26° C. junio, julio, agosto y septiembre son los meses en que se registra la temperatura máxima, que es de 28 °C, el periodo mas frío se presenta en febrero que registran una temperatura entre 23 °C.

IV.2.a.3 Precipitación promedio anual (mm).

Para la zona se reportan un régimen de lluvias en verano con una precipitación media anual entre 1,100 mm. De acuerdo con los datos obtenidos con el pluviómetro de la mina Aquila, la precipitación promedio anual (1965-1992) es de 1,350 mm siendo julio y septiembre los meses con mayor incidencia de lluvia. La precipitación promedio medida en Mina Aquila en el período 2001-2006 es de 1,342 mm/año.



IV.2.a.4 Intemperismos severos.

Todas las zonas erosionadas del municipio tienen la presencia de tormentas tropicales y huracanes que se comportan de manera irregular y cuya presencia se puede apreciar durante los meses de septiembre a noviembre, y se encuentran asociados a la presencia de lluvias persistentes y que puede durar varios días.

b) GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

En el área de la Mina Aquila afloran rocas sedimentarias con intercalaciones de rocas volcánicas submarinas ígneas intrusivas y metamórficas de contacto, a las cuales están íntimamente asociados los depósitos de mineral de hierro.

El origen de los componentes provienen de la era Mesozoica y del periodo del Cretácico inferior (caliza), cuya correspondencia son con las rocas sedimentarias.

El yacimiento de Aquila, Colomera y otros prospectos de interés, se localizan en los márgenes de un tronco intrusivos diorítico. Este cuerpo intrusión a una potente sección constituida por sedimentos clásticos de estratificación delgada y rocas vulcanoclásticas, cubiertas por una

serie de calizas de gran espesor a las cuales produce metamorfismo de contacto originando Hornfels y Skarn en zonas restringidas.

La mineralización ferrífera se presenta a lo largo de la zona de contacto entre la roca diorítica y la secuencia intrusionada. En el 20 se incluye el mapa geológico de la zona de estudio elaborado por el personal de la Mina Aquila.

- **Características geomorfológicos.** La zona de estudio se encuentra dentro de un conjunto de serranías que corresponden a la provincia Fisiográfica de la Sierra Madre del Sur, y esta conformada por dos elevaciones cerriles, que alcanzan los 700 msnm y que corresponden a la intrusión de una cuña ígnea con contenidos de minerales ferrosos de alto valor, lo cual lo hace susceptible de ser aprovechado.

Presentan una alta pendiente, mayor del 100%, con un relieve fuertemente disectado, lo cual da origen a diferentes escurrimientos, tanto de carácter estacional como permanente.

- **Características del relieve.** La zona presenta un relieve accidentado en el que podemos encontrar abruptas pendientes. Se presenta un plano con la topografía de la zona, así como una imagen tomada del satélite Keyhole (www.google.com), ambos se presentan en el anexo 21.

- **Presencia de fallas y fracturamientos en el predio o área de estudio.** Las fallas y fracturas de la zona se presentan dentro del mapa geológico del anexo 22.

- **Susceptibilidad de la zona a: sismicidad, deslizamiento, derrumbes, inundaciones, otros movimientos de tierra o roca y posible actividad volcánica.** La Región del Pacífico corresponde a la zona de mayor sismicidad, de acuerdo a la clasificación elaborada por la CFE, donde la República Mexicana se encuentra dividida en cuatro zonas sísmicas. Esto se realizó con fines de diseño antisísmico. Para realizar esta división (siguiente figura) se utilizaron los catálogos de sismos de la República Mexicana desde inicios de siglo, grandes sismos que aparecen en los registros históricos y los registros de aceleración del suelo de algunos de los grandes temblores ocurridos en este siglo. Estas zonas son un reflejo de que tan frecuentes son los sismos en las diversas regiones y la máxima aceleración del suelo a esperar durante un siglo. La zona A es una zona donde no se tienen registros históricos de sismos, no se han reportado sismos en los últimos 80 años y no se esperan aceleraciones del suelo mayores a un 10% de la aceleración de la gravedad a causa de temblores. La zona D

es una zona donde se han reportado grandes sismos históricos, donde la ocurrencia de sismos es muy frecuente y las aceleraciones del suelo pueden sobrepasar el 70% de la aceleración de la gravedad. Las otras dos zonas (B y C) son zonas intermedias, donde se registran sismos no tan frecuentemente o son zonas afectadas por altas aceleraciones pero que no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo. El siguiente mapa se tomó del Manual de diseño de Obras Civiles (Diseño por Sismo) de la Comisión Federal de Electricidad.



Figura 1. Regiones Sísmicas en México

La brecha sísmica de Michoacán

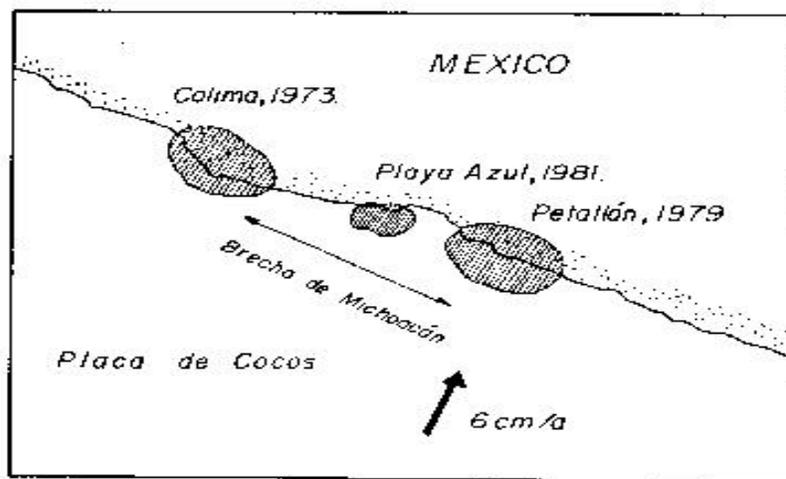
En el caso de México, el ambiente tectónico de mayor interés, desde el punto de vista de potencial sísmico, corresponde a la zona de subducción que existe a lo largo del Pacífico. El proceso de subducción de la placa de Cocos genera una gran falla geológica que es la fuente de los más grandes y frecuentes sismos de México. La expresión fisiográfica de la falla de subducción es la fosa o trinchera que corre a lo largo de la costa de México y que alcanza localmente profundidades de hasta 5,000 m.

El sismo de Michoacán ocurrido el 19 de septiembre de 1985 es un de estos frecuentes sismos de subducción que tienen lugar en la costa de México. El sismo se originó en lo que se conocía como la brecha de Michoacán, la cual se define como una brecha o vacancia sísmica es un segmento de una falla activa que durante un largo lapso de tiempo no ha sido objeto de un deslizamiento, y por ende, cuna o nicho de un gran sismo. La ausencia de grandes sismos en dicho segmento de una falla durante mucho tiempo, indica que debe existir una acumulación importante de energía elástica que crece día a día y tendrá que liberarse irremisiblemente.

En el caso de Michoacán, el último gran sismo del que se tiene registro es de magnitud 7.9 en el año de 1911, posteriormente se registra otro de magnitud moderada cerca de Playa Azul en 1981. Sin embargo, la magnitud del sismo de Playa azul ($M_s = 7.3$) no fue lo suficientemente grande para liberar la energía acumulada en la brecha de Michoacán desde 1911. El sismo de Playa Azul deslizó un segmento de la falla de subducción de sólo 440 km de largo, mientras que la longitud de la brecha de Michoacán era de casi 200 km de longitud.

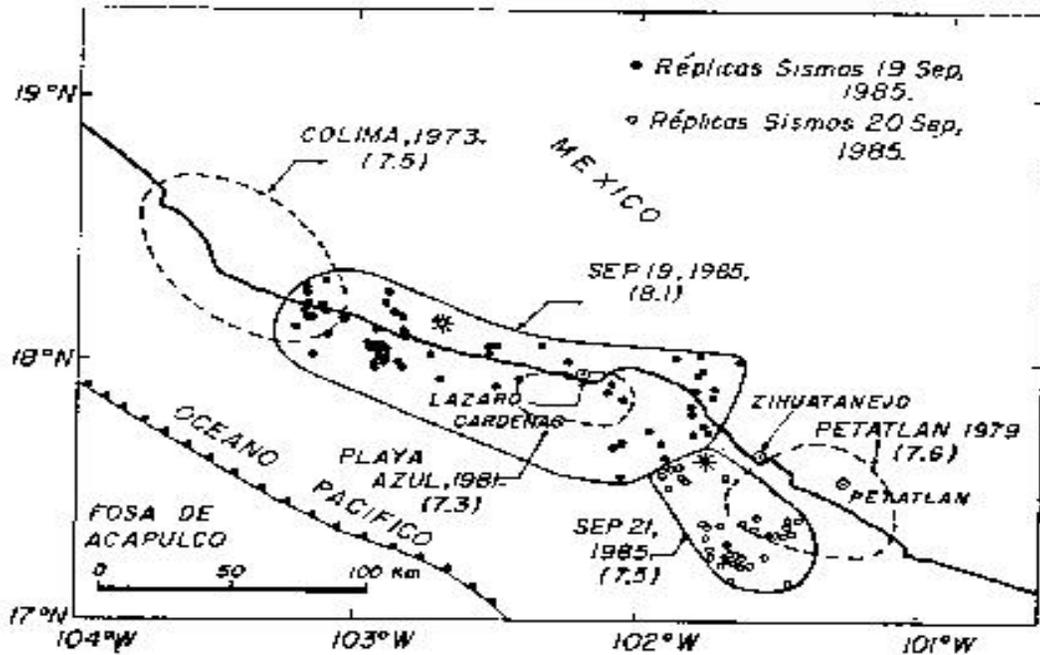
La brecha de Michoacán quedaba claramente delineada por las áreas de ruptura de falla de los sismos de Colima de 1973 y de Petatlán en 1979 (como se muestra en la siguiente figura). Cabe apuntar que los segmentos de la falla que se deslizan para producir un sismo importante son cartografiados indirectamente por medio de la localización de las réplicas. Las réplicas, por definición, son sismos de magnitud menor que el sismo al cual prosiguen, y que ocurren sobre el segmento de la falla geológica recién deslizada; las réplicas de un sismo de gran magnitud son más grandes y duran más tiempo que las de un sismo más pequeño. Las réplicas son sismos menores que liberan parte de la energía que no fue totalmente relajada por el deslizamiento principal, y que tienden a ocurrir en áreas donde la superficie de la falla tiene rugosidades o heterogeneidades.

En la figura se muestra que hasta el 19 de septiembre de 1985 no habían ocurrido sismos en la costa de Michoacán suficientes grandes para liberar la energía sísmica acumulada desde 1911, fecha en que ocurrió el último gran temblor en la zona. Esta brecha o vacancia sísmica quedaba claramente delineada por las áreas de falla que produjeron los sismos de Colima, Col. en 1973 y de Petatlán, Gro. en 1979.



Después de un gran sismo como los de Colima, Petatlán y Michoacán, se procede a instalar de inmediato una red de sismógrafos portátiles para estimar la localización (epicentro) y la

profundidad de las réplicas con mucho mayor precisión. La figura siguiente muestra la localización epicentral de los sismos del 19 y 20 de septiembre y los epicentros de las réplicas durante un lapso de dos semanas.



Después de un sismo se sucede una serie de temblores (réplicas) de menor magnitud, que ocurren en el área de ruptura del temblor principal. Las réplicas se utilizan para cartografiar indirectamente el área de la falla que se deslizó produciendo el sismo.

Hay otras dos regiones en el país, sin embargo, que tienen actualmente características similares a las que tenía la costa de Michoacán, como son Guerrero y Chiapas.

La brecha de Guerrero, en la Costa Grande, esta zona situada inmediatamente al sur del área de ruptura del sismo de Petatlán. Aquí no ha habido ningún sismo importante desde los temblores de 1907 y 1908; se piensa que en los últimos ochenta años debe haberse acumulado suficiente energía elástica capaz de causar un sismo de consecuencias. La longitud de la brecha sísmica de Guerrero es aproximadamente del mismo tamaño que la antigua brecha de Michoacán y, de romperse en un solo sismo, éste podría ser de magnitud similar al terremoto del 19 de septiembre. Se puede, por lo tanto, adjudicarle un alto potencial sísmico.

Cabe aclarar la posibilidad de que en Chiapas la zona de subducción haya estado inmóvil durante más de 200 a 300 años, preparándose para un evento de grandes dimensiones. En

contraste con ésto, podría argumentarse que en Chiapas el deslizamiento relativo entre las placas de Cocos y Norteamérica se lleva a cabo en forma continua, mediante un comportamiento plástico de la falla. Si esto fuese cierto, no habría energía elástica acumulada y no sería necesaria la existencia de enormes deslizamientos para liberarla, como sucede en las demás zonas de subducción.

Intensidades observadas durante el sismo del 19 de septiembre de 1985

Las observaciones de intensidad reportadas en diferentes puntos de la república son integradas e interpretadas para luego vaciarlas sobre un mapa geográfico. Con el fin de facilitar su lectura, solo se muestran no sólo las intensidades reportadas en cada sitio, sin líneas que encierran áreas que experimentaron la misma intensidad aproximadamente. Estas líneas llamadas isosistas se muestran para el sismo del 19 de septiembre.

Los efectos y daños observados en las poblaciones y los daños alrededor del epicentro se caracterizan por medio de la intensidad observada en cada sitio. En ciertas zonas, las intensidades reportadas son más altas que en las regiones inmediatamente vecinas, reflejando los efectos de amplificación de la energía sísmica ocasionados por la geología local.

El sismo del 19 de septiembre fue sentido con intensidades en la zona epicentral a lo largo de la costa de Michoacán llegó localmente a alcanzar el grado IX.

En la disminución gradual de intensidades existieron zonas anómalas y aisladas, cuya intensidad es mucho mayor que la de las regiones circundantes. Estas anomalías en la distribución de intensidades reflejan las condiciones locales del suelo y sus efectos sobre las ondas sísmicas. Las ondas sísmicas son amplificadas notablemente en suelos blandos por ser más fácilmente deformables que la roca firme, como ocurre en diversos valles del centro del país que están rellenos de sedimentos recientes. La población de Ciudad Guzmán, Jalisco, está construida sobre cenizas volcánicas y sufrió también daños considerables a consecuencia del mismo fenómeno de amplificación de energía sísmica.

De acuerdo al Reporte del Servicio Sismológico Nacional en su informe de Sismos Fuertes de 2000 a la fecha, con una Magnitud mayor de 5.5, se tienen que para la Región del Área de Estudio se tienen los siguientes sismos:

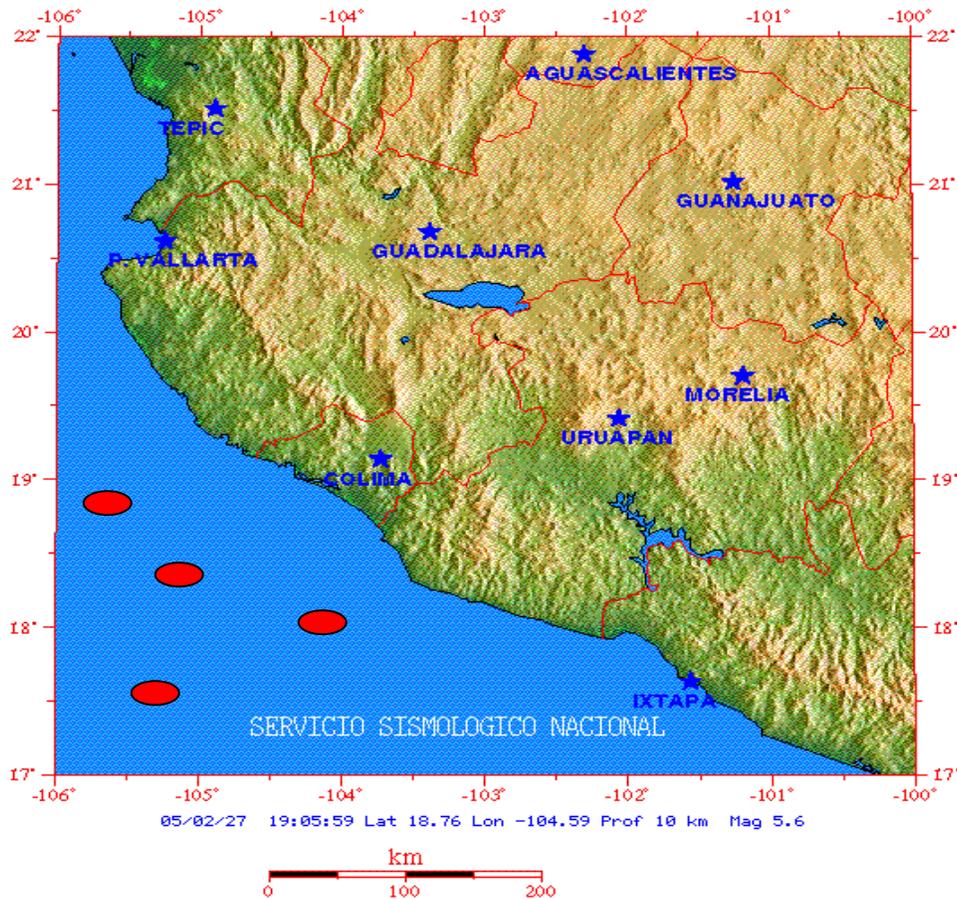
No.	Fecha	Hora(Local)	Latitud	Longitud	Prof (Km)	Mag	Zona Epicentral
1.	2006/08/11	09:30:42	18.36	101.25	73	5.9	Río Balsas Inferior
2.	2006/04/03	21:30:28	18.91	106.81	10	5.6	Costa de Jalisco

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para la Ampliación de la superficie de explotación de la “Mina Aquila”, Aquila, Michoacán.

3.	2005/06/27	06:35:45	18.78	107.30	20	6.1	Océano Pacifico
4.	2005/05/08	12:07:34	20.73	109.37	17	5.9	Cordillera Pacifico Oriental
5.	2005/04/25	23:05:48	19.68	109.19	16	5.7	Cordillera Pacifico Oriental
6.	2005/02/27	19:05:59	18.76	104.59	10	5.6	Costa Colima
7.	2004/01/01	17:57:56	16.97	101.84	10	5.8	Costa de Guerrero
8.	2004/01/01	17:31:49	17.31	101.42	10	6.3	Costa de Guerrero
9.	2003/08/25	18:25:03	18.73	106.69	16	5.5	Costa de Jalisco
10.	2003/05/19	11:27:11	17.72	105.70	10	6.2	Costa de Michoacán
11.	2003/02/16	22:41:57	18.81	105.14	16	5.5	Costa Colima
12.	2003/01/22	13:41:42	18.74	104.55	16	5.8	Costa Colima
13.	2003/01/21	20:06:34	18.60	104.22	9	7.6	Costa Colima
14.	2002/12/09	21:09:35	17.41	101.26	29	5.5	Costa de Guerrero
15.	2002/06/19	16:50:08	16.24	98.09	8	5.5	Costa Guerrero-Oaxaca
16.	2002/04/18	13:00:38	16.84	101.62	16	5.5	Costa de Guerrero
17.	2002/04/18	12:57:19	16.66	101.89	12	6.0	Costa de Guerrero
18.	2002/04/18	00:02:45	16.77	101.12	22	6.5	Costa de Guerrero
19.	2001/11/13	03:47:34	22.31	107.12	16	5.8	Cordillera Pacifico Oriental
20.	2001/10/07	22:39:19	16.94	100.14	4	6.1	Costa de Guerrero
21.	2001/05/29	13:47:56	19.34	108.96	38	5.5	Costa de Jalisco
22.	2001/05/19	23:21:37	18.64	105.12	12	6.5	Costa Colima
23.	2001/04/29	16:26:56	18.51	104.71	10	6.2	Costa Colima
24.	2000/12/08	10:56:13	22.83	108.35	15	5.5	Cordillera Pacifico Oriental
25.	2000/08/09	06:41:47	17.99	102.66	16	7.0	Costa Guerrero-Michoacán
26.	2000/02/21	10:29:40	18.76	107.05	13	5.6	Océano Pacifico

Fuente: Servicio Sismológico, Nacional, 2007.

La ubicación espacial de las zonas con actividad sísmica se muestra en la figura siguiente:



Fuente: Servicio Sismológico Nacional, 2007.

De acuerdo al Reporte del Servicio Sismológico Nacional en el informe del Sismos ocurrido el 21 de enero del 2003 a las 20:06 horas, con una magnitud de 7.6 en la Escala de Richter afectando la región de manera importante, fue ubicado frente a las costas de Colima, a escasos kilómetros de la desembocadura del río Armería en el municipio de Tecomán, su epicentro se localizó a 30 metros de profundidad y tuvo una duración de 45 segundos.

Como es sabido Colima ha sufrido por varios siglos de fuertes sismos, tales como los ocurridos en 1813, 1900, 1932 (3 en 19 días), 1941, 1973, 1985 y 1995, y particularmente el ocurrido en el año 2003, se puede asegurar, ha sido el mas fuerte en cuanto a la destrucción de templos, edificios y viviendas. La causa: la cercanía del epicentro y su carácter de trepidatorio. Este sismo provoco 21 personas fallecidas, 10 mil casas dañadas de ligeras a graves-severas en la ciudad de Colima y mas de 10 mil en el resto del estado. De los 10 municipios de Colima solamente 3 no resintieron daños: Cuauhtémoc, Cómala y Minatitlán.

En el centro de Colima decenas de casas de adobe y teja se derrumbaron, al pasar por las calles del centro histórico se observaban casas con muros derribados, viviendas totalmente

destruidas y casas antiguas de adobe completamente siniestradas, lo que provocó la muerte de 12 personas, otras 11 resultaron lesionadas. En Tecomán se reportaron cuatro personas muertas y 43 lesionadas; en Villa de Álvarez seis muertos y cuatro lesionados, y en Coquimatlán una persona fallecida y otra más herida.

Se suspendió el servicio de energía eléctrica en toda la entidad; Los municipios en estado de emergencia fueron Colima, Villa de Álvarez, Coquimatlán, Tecomán, Armería e Ixtlahuacán.

Fueron reportados como severamente dañados cuatro centros de salud de Manzanillo, uno de Ixtlahuacán, otro de Coquimatlán, además de las clínicas del ISSSTE de Colima y Tecomán, así como el hospital general de zona del IMSS. En Coquimatlán la iglesia principal y la presidencia municipal sufrieron cuarteaduras. En el centro de Villa de Álvarez también hubo viviendas destruidas y personas atrapadas y fallecidas.

En Jalisco, el movimiento sísmico ocasionó daños en por lo menos 12 municipios de la entidad, donde dos personas fallecieron y 33 lesionados. Los municipios más afectados fueron Zapotitlán de Badillo y Tolimán; en el primero hubo 150 casas dañadas -70 de ellas serán demolidas- y en el segundo 60. Las otras localidades que reportaron daños en infraestructura son: Ciudad Guzmán, Tolimán, Autlán, Cocula, Chapala, Mazamitla, El Salto, Jocotepec, Ameca, Cihuatlán, Tequila y Tuxpan. En Michoacán se reportó la muerte de una persona.

Por lo que hace a Nayarit, se registraron caídas de bardas en la colonia Tierra y Libertad y otros derrumbes (sin víctimas) en los municipios de San Blas y Santiago Ixcuintla, donde cientos de construcciones se hallaban dañadas por el huracán Kenna.

El Sistema sismológico Nacional cuenta con el registro de réplicas las cuales se indican en el siguiente cuadro y posteriormente se ubican espacialmente en la figura respectiva.

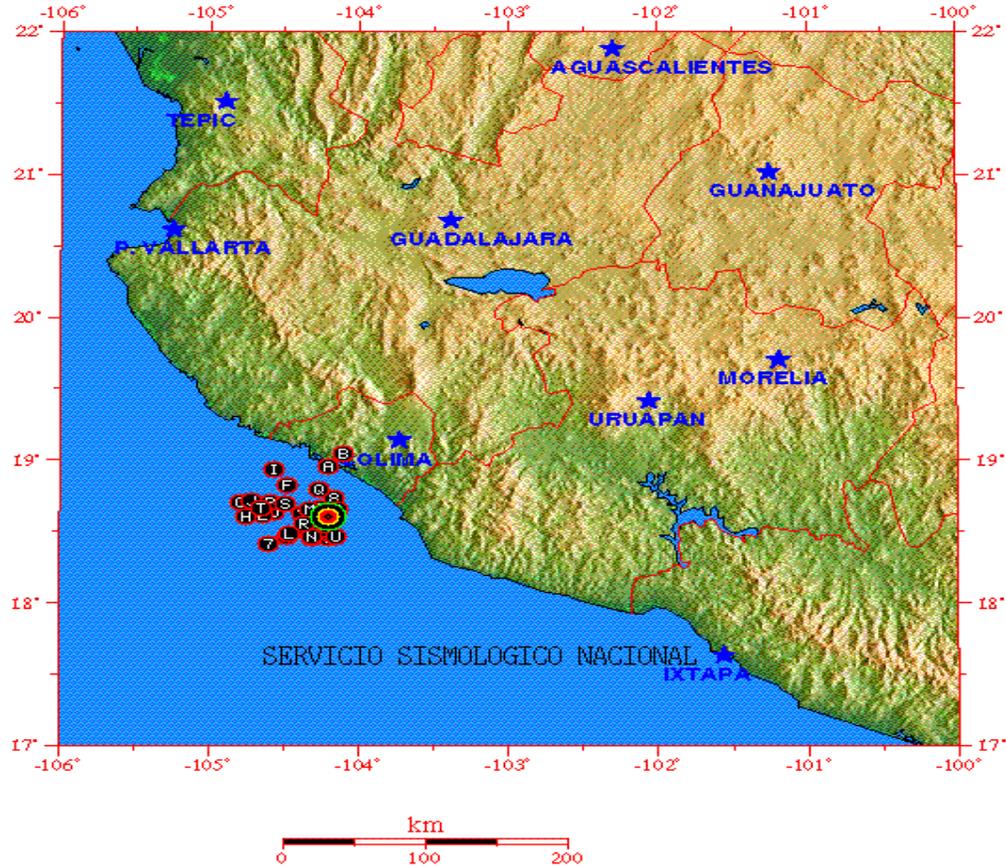
*Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para la Ampliación
de la superficie de explotación de la "Mina Aquila", Aquila, Michoacán.*

Reporte de las replicas del sismo del 21 de enero del 2003.

Evento	Fecha	Hora	Lat	Long	Prof(Km)	Mag	Zona.
01	2003/01/21	20:06:31	18.60	-104.22	10	7.6	COSTA COLIMA
02	2003/01/21	20:26:45	18.67	-104.27	10	4.0	COSTA COLIMA
03	2003/01/21	20:29:02	18.62	-104.39	10	4.5	COSTA COLIMA
04	2003/01/21	22:17:20	18.47	-104.49	10	4.0	COSTA COLIMA
05	2003/01/21	22:34:15	18.45	-104.21	10	4.0	COSTA COLIMA
06	2003/01/21	22:50:44	18.49	-104.20	10	4.0	COSTA COLIMA
07	2003/01/21	23:09:26	18.42	-104.61	10	4.4	COSTA COLIMA
08	2003/01/21	23:45:09	18.74	-104.18	10	4.3	COSTA COLIMA
09	2003/01/21	23:52:43	18.51	-104.35	10	4.2	COSTA COLIMA
10(A)	0003/01/22	00:04:45	18.95	-104.22	10	4.3	COSTA COLIMA
11(B)	0003/01/22	03:42:01	19.05	-104.11	15	3.9	COSTA COLIMA
12(C)	0003/01/22	09:12:17	18.54	-104.23	7	3.9	COSTA COLIMA
13(D)	0003/01/22	13:41:40	18.64	-104.58	10	5.8	COSTA COLIMA
14(E)	0003/01/22	13:58:04	18.61	-104.65	21	4.0	COSTA COLIMA
15(F)	0003/01/22	14:15:38	18.83	-104.49	10	5.3	COSTA COLIMA
16(G)	0003/01/22	17:09:51	18.71	-104.81	13	4.0	COSTA COLIMA
17(H)	0003/01/22	19:30:01	18.60	-104.76	10	4.0	COSTA COLIMA
18(I)	0003/01/22	22:46:13	18.93	-104.58	10	4.1	COSTA COLIMA
19(J)	0003/01/23	00:26:44	18.72	-104.73	12	4.0	COSTA COLIMA
20(K)	0003/01/23	02:25:27	18.45	-104.33	22	4.1	COSTA COLIMA
21(L)	0003/01/23	04:54:59	18.49	-104.48	7	4.7	COSTA COLIMA
22(M)	0003/01/23	11:54:37	18.66	-104.34	15	4.3	COSTA COLIMA
23(N)	0003/01/23	13:08:42	18.47	-104.33	19	4.4	COSTA COLIMA
24(O)	0003/01/24	00:40:17	18.66	-104.15	6	3.8	COSTA COLIMA
25(P)	0003/01/24	01:49:09	18.71	-104.60	16	4.0	COSTA COLIMA
26(Q)	0003/01/24	03:29:40	18.80	-104.28	10	3.9	COSTA COLIMA
27(R)	0003/01/24	04:33:11	18.56	-104.38	16	3.7	COSTA COLIMA
28(S)	0003/01/24	05:19:17	18.69	-104.50	17	3.7	COSTA COLIMA
29(T)	0003/01/26	02:46:48	18.67	-104.67	5	4.0	COSTA COLIMA
30(U)	0003/01/28	05:29:06	18.47	-104.16	22	4.2	COSTA COLIMA

Fuente: Servicio Sismológico Nacional, 2007.

Figura de la ubicación de las Réplicas del sismo del 2003 frente a las costas de Colima.



Fuente: Servicio Sismológico Nacional, 2007.

c) SUELOS

• Tipos de suelo en el predio del proyecto y su área de influencia.

La presencia de una geología tanto de carácter sedimentario como ígneo, ha permitido el desarrollo dentro de sus rocas sedimentarias y granodioríticas, que han favorecido el desarrollo y evolución de cuatro diferentes unidades de suelos, (Clasificación de la WRB-SR y FAO, 2006), Leptosoles, Cambisoles, Ferralsoles y Tecnosoles.

Leptosoles. Suelos someros, menor de 25 cm. de profundidad, que presentan una alta pedregosidad o descansan sobre una roca continua y coherente. Su uso del suelo es predominantemente forestal y soportan la vegetación original, debida a que la alta pedregosidad y la presencia de la roca a escasa profundidad, limita las actividades agrícolas.

Los Leptosoles se pueden desarrollar sobre las rocas calizas cretácicas, la granodiorita y el material hematítico y magnético.

Cambisoles. Dentro de los suelos del área de estudio y siguiendo una línea edafogenética se tienen a los Cambisoles, que son suelos que su mayor desarrollo se presenta en las rocas calizas cretácicas donde se puede encontrar una parcial pero evidente transformación del material parental, donde se muestra el inicio de la diferenciación del horizonte B en el subsuelo, así como cambios evidentes en estructura, con un proceso de mecanización del horizonte subyacentes, un moderado contenido de arcilla y de carbonatos y sobre todo una decoloración pardusca, y/o un parcial retiro o remoción de los carbonatos.

Ferralsoles, Suelos con un horizonte mólico de 24 cm. de espesor, que sobreyace sobre varios horizontes dominados por una coloración rojiza en todo el perfil, debido a un marcado proceso de rubefacción, cuyo principal desarrollo se debe a la presencia y predominio de un material geológico hematítico; pueden alcanzar profanidades mayores de 100 cm., donde el material ya muestra un avanzado proceso de intemperización. En condiciones normales muestra un horizonte mólico muy desarrollado, por la abundante materia orgánica (proveniente de las comunidades selváticas) mineralizada e integrada a los horizontes A en la superficie.

Tecnosoles. De acuerdo a la nueva clasificación de la WRB-SR 2006, corresponden a los suelos formados por las actividades humanas, de donde la conformación de las zonas de terreros dentro del área de explotación de la Mina Aquila, cuya conformación son los materiales geológicos estériles estratificados y de composición diversa, debido a la disposición de las actividades de la Mina Aquila, por lo cual califican para este tipo de unidad de suelo.

La distribución de los suelos en el predio se muestra en el plano en el anexo 23.

d) GEOHIDROLOGÍA E HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRANEA

VISIÓN HIDROLÓGICA GENERAL

Agua superficial

La mina de Aquila se encuentra localizada dentro de la Región Hidrológica No17, en la Cuenca del Sur o Coahuayana -Costa de Michoacán, las principales corrientes que la forman son los ríos Coahuayana, Ostula Chutla y Alcapica los cuales drenan hacia la Costa del Pacífico.

El flujo de agua superficial en el Río Aquila y sus tributarios cercanos a la mina es muy turbulento debido a la escarpada topografía y al patrón de precipitación de corta duración y gran intensidad. Las tasas del caudal durante la estación lluviosa pueden aumentar en orden de magnitud durante los eventos de precipitación, pero rápidamente vuelven a retroceder. Durante la estación seca, el caudal de base se mantiene por la liberación de agua subterránea/almacenamiento del subsuelo. Algunos de los tributarios más pequeños en la cuenca media superior se secan durante el período más acentuado de la estación seca.

Visión hidrogeológica

• Agua subterránea

En general, las unidades de basamento rocoso intrusivo (cuenca media superior) tendrían típicamente una baja porosidad primaria y una conductividad hidráulica total. Cualquier almacenamiento o desplazamiento significativo de agua subterránea estaría limitado por las fracturas asociadas a la estructura geológica. Se supone que el basamento rocoso de caliza tendría también una baja porosidad primaria y una conductividad hidráulica similar. Sin embargo, la presencia de estratificaciones y el agrandamiento de las fracturas y de los planos estratificados que podrían constituir una solución potencial, incrementarían probablemente la conductividad hidráulica total de esta unidad. Un desplazamiento significativo de agua subterránea se produciría probablemente en distintas zonas circulando por medio de estas estructuras.

Existe evidencia de una fuerte compartimentalización dentro del sistema del basamento rocoso, debido a la estructura geológica y a las propiedades hidráulicas contrastantes.

El agua subterránea del basamento rocoso se desplazará generalmente hacia el oeste desde la cuenca superior, hacia el piso del valle y la costa.

El material aluvial en la cuenca inferior de Aquila se ha descrito como arena fina a gruesa no consolidada. Este material posee típicamente una capacidad de almacenamiento de moderada a alta y una conductividad hidráulica de moderada a alta. Hacia la costa, el abanico de material aluvial alcanza un ancho de alrededor de 6 km y se extiende 2-3 km tierra adentro. El espesor del material aluvial se desconoce, pero es probable que sea de unos 100 m o más en el centro del valle. El Río Aquila fluye permanentemente a través del abanico de material aluvial. La infiltración del lecho del río junto con la precipitación estacional probablemente aportan un volumen significativo de recarga al sistema aluvial. Es posible que existan significativos recursos potenciales de agua subterránea en el material aluvial costero.

EVALUACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Esta evaluación se ha llevado a cabo en base a lo siguiente:

- Revisión de la geología y de la hidrología superficial dentro de la propiedad de la mina, identificación de puntos potencialmente aptos para perforar sondajes de exploración de agua subterránea.
- Perforación de 6 sondajes de exploración de agua subterránea, realización de pruebas hidráulicas en los sondajes durante su perforación.
- Revisión y realización de pruebas hidráulicas simples en 8 piezómetros y en un pequeño sondaje para suministro de agua ya existente en el sitio.
- Desarrollo de un modelo conceptual hidrogeológico para la propiedad de la mina basado en lo anterior y en los resultados de las evaluaciones de agua superficial.

Perforaciones de exploración de agua subterránea

Los objetivos de perforación fueron seleccionados en base a una revisión inicial de la geología e hidrología del área de la mina. Las consideraciones claves para la selección de estos puntos fueron las siguientes:

Las principales estructuras geológicas serían las áreas más aptas para interceptar producciones significativas de agua subterránea debido a la mayor probabilidad de fracturas abiertas en las zonas estructurales.

La evaluación del agua subterránea se llevo a cabo:

- En base a la observación de los materiales de afloramiento y a la experiencia en situaciones similares, sería más probable que la caliza produzca una cantidad significativa de agua subterránea que las intrusivas.
- En casi todas las áreas, la profundidad del agua subterránea sería significativa, a excepción de la base de las cuencas (Tenemaxtles, Abuela) debido a la escarpada topografía y a la importante gama de cotas que existe en esta área.
- Todos los puntos seleccionados como objetivos deberían estar dentro de los límites de propiedad de la mina.

En base a los criterios antes descritos, se seleccionaron los objetivos de perforación de manera de interceptar las principales estructuras geológicas que interceptan la base del sistema de captación.

La falla de la Mina constituye la estructura geológica más significativa en el área. Sin embargo, una revisión inicial de los datos indicaba una baja conductividad hidráulica en la zona de la falla, tal como quedó en evidencia por: 1) las pruebas hidráulicas realizadas en los piezómetros preexistentes 398, 399, 311, 386, 2) una marcada variabilidad en los niveles de agua subterránea entre estos piezómetros, y 3) hundimiento del agua subterránea en la falla y un alto gradiente hidráulico en el eje de la falla hacia la base de la Cañada Tenemaxtles.

- Ubicación de los sondajes de exploración de agua subterránea

La Tabla siguiente resume la ubicación y los detalles de construcción de todos los sondajes de exploración de agua subterránea que fueron perforados.

Tabla. Información resumida de los sondajes de exploración de agua subterránea

Piezómetro número	Hacia el este	Hacia el norte*	Cota (msnm)	Profundidad perforada (m)
425	9.492	9.864	315*	201
427	9.693	9.989	285	200
428	9.283	10.869	569	123
430	10.354	9.608	392	90
401	8.885	10.809	659	102
437	10.064	10.057	317	156

* estimado a partir del plano topográfico.

- Métodos de perforación y prueba.

Todos los sondajes de exploración fueron perforados a un diámetro de 6 pulgadas mediante la utilización de un equipo de perforación rotatoria por circulación inversa, de propiedad de Las Encinas y operado por su propio personal. Todas las perforaciones, así como la recolección de datos hidráulicos y las pruebas fueron realizadas por personal de Las Encinas. Se brindó asesoría por un período inicial de 3 días durante la perforación del primer sondaje (#425). Durante la perforación de cada sondaje de exploración de agua subterránea, se hizo lo siguiente:

- Recolección de muestras de esquirlas de roca cada 0,5 metros y preparación de un registro geológico
- Elaboración de un registro hidrogeológico durante la perforación

- Realización de una prueba de inyección a intervalos preseleccionados durante la perforación
- Realización de una prueba de 'airlift' y una prueba de recuperación al término de la perforación

• Registro hidrogeológico

Durante las perforaciones se recopiló en planillas de datos la siguiente información a intervalos regulares:

- Profundidad del sondaje,
- Pasa de producción de agua (si la hubiera) después de avanzar cada vástago del perforador,
- Presión del aire durante la perforación,
- Presión de aire requerida para descargar el sondaje tras la conexión de cada unión de la tubería de perforación,
- Grado de fracturación,
- Contenido de arcilla, y
- Profundidad del agua subterránea en el sondaje al inicio de cada desplazamiento de la perforación.

• Pruebas de Inyección

Se realizaron pruebas de inyección a fin de obtener una evaluación semicuantitativa de la conductividad hidráulica del sondaje y un indicio de la producción potencial de las fracturas.

Las pruebas se realizaron como sigue:

1. Los tanques de agua del equipo se llenaron con 2.000 litros de agua.
2. La broca del perforador se elevó por sobre la(s) zona(s) identificada(s) como de mayor fracturamiento que se identificaron durante las perforaciones.
3. La profundidad del agua subterránea se registró en el tubo interior del vástago de perforación.
4. Se inyectó agua hacia abajo del anillo del vástago de perforación y se registraron las variaciones en el nivel de agua en el tubo interior.
5. El caudal de inyección se hizo variar hasta que: A) se estabilizó el nivel de agua en el sondaje, B) el agua comenzó a fluir por sobre la cuerda del perforador, o C) se agotó la fuente de agua.
6. Se anotó el volumen total de agua inyectada

7. Una vez detenida la inyección, se midió la recuperación del nivel de agua a intervalos de un minuto durante un período de alrededor de 10 minutos.

El nivel de agua y los volúmenes inyectados anotados durante cada prueba se utilizaron posteriormente para ayudar en la caracterización del rendimiento del sondaje.

Construcción del piezómetro de tubo vertical

En cada sondaje se construyó un piezómetro de tubo vertical. Esto permitirá el monitoreo a largo plazo de las variaciones estacionales del nivel de agua subterránea y de las respuestas durante cualquier prueba de bombeo o bombeo de producción potencial que se realice a futuro.

Todos los piezómetros fueron construidos con alrededor de 20 m de malla de PVC de 2 pulgadas colocados en el fondo del sondaje y con un tubo liso de PVC que se extiende hasta alcanzar la superficie.

Evaluación hidrogeológica de los sondajes de exploración

• Análisis del sondaje 425

El sondaje 425 fue ubicado en las unidades de caliza en el piso del Río Tenemaxtles, aproximadamente 20 m al norte del cauce del río. El objetivo del sondaje era interceptar fracturas profundas asociadas a un chaflán con orientación sureste de la Falla de la Mina. Se dedujo que el fracturamiento en la caliza tendría mayores probabilidades de permanecer abierto y conductivo, en comparación con las unidades geológicas de la zona de la Falla de la Mina.

El sondaje de exploración de agua subterránea 425 fue perforado en basamento rocoso de caliza hasta una profundidad total de 200 m. Se detectó agua por primera vez en el sondaje a una profundidad de aproximadamente 48 m bajo la superficie. Durante la perforación, se recopiló la siguiente información hidráulica:

- Producción de 'airlift' a intervalos de 6 m. bajo el agua subterránea estática, durante y en el desarrollo de la perforación.
- Se realizó una prueba de inyección a una profundidad de 96 m durante la perforación.

Caudal de 'airlift' durante la perforación

Se registraron caudales de 'airlift' de entre 100 y 200 m, los que muestran una progresión constante de entre 0,5 y casi 3,0 l/s a través de este intervalo de profundidad. Se obtuvo un

valor anómalamente alto de casi 3,5 l/s a una profundidad de 120 m, lo que puede deberse ya sea a un error de medición o posiblemente a una zona de fracturas.

Se realizó una breve prueba de 'airlift' al término de la perforación, indicándose una producción de aproximadamente 4 l/s.

Prueba de inyección

Los resultados de la prueba de inyección son un tanto anómalos. Según lo informado, se inyectó un volumen de 4.000 litros durante un período de 17 minutos, lo que dio un caudal promedio de aproximadamente 5 l/s durante la duración de la inyección. Durante los 10 minutos iniciales, el nivel de agua en el sondaje aumentó en 26 m. Después de este tiempo, el nivel de agua retrocedió rápidamente casi al nivel anterior a la prueba.

Los resultados indican que había una obstrucción o una fractura sellada en el sondaje al inicio de la prueba. Dado que la carga se aumentó durante la primera parte de la prueba, la presión aumentó hasta que la obstrucción o el sello cedieron. La recuperación tardía que se produjo (10 a 17 minutos) puede reflejar la permeabilidad de las fracturas desarrollada como consecuencia. Para esta posibilidad, la capacidad específica del sondaje se calcularía como aproximadamente 15 l/s/m, utilizando solamente los datos recolectados de los 13 a los 17 minutos.

Análisis

La producción estimada en este sitio es de 5 l/s, y posiblemente más de 10 l/s. los resultados indican que este sondaje interceptó algunas zonas productivas permeables.

•Análisis del sondaje 427

El sondaje 427 fue ubicado con los mismos objetivos que el sondaje 425, pero aproximadamente 200 m más aguas arriba y hacia el este.

El sondaje de exploración de agua subterránea 427 fue perforado en medio rocoso de caliza hasta una profundidad total de 200 m. Se detectó agua por primera vez en el sondaje a una profundidad de 41 m bajo la superficie. Durante la perforación, se recopiló la siguiente información hidráulica durante la perforación:

- Producción de 'airlift' a intervalos de 6 m. bajo el agua subterránea estática, durante la perforación.

- Se realizaron pruebas de inyección a profundidades de 45, 93, 141 y 189 m durante la perforación.
- Una prueba de 'airlift' al término de la perforación y el subsiguiente monitoreo de la recuperación del nivel de agua.

Caudal de 'airlift' durante la perforación

El caudal de 'airlift' medido versus la profundidad durante la perforación. Éste indica un aumento de entre 1 l/s hasta aproximadamente 4 l/s entre los 50 y 100 m, registrándose un caudal estable de 4 l/s desde los 100 a 200 m. Se observan caudales relativamente variables entre los 50 y 100 m, lo que puede reflejar ya sea problemas de medición o los efectos de posibles fracturas entre estos intervalos de profundidad.

Pruebas de inyección

Analizando los aspectos más importantes de los resultados de las pruebas, cabe destacar que:

- El caudal de inyección en el intervalo de 45 m correspondió a aproximadamente 3,5 l/s. El nivel de agua en el sondaje aumentó rápidamente 16 metros aproximadamente y luego se mantuvo estable. En base al caudal de inyección y al aumento del nivel de agua, se calcula una capacidad específica de aproximadamente 0,2 l/s/m de descenso.
- Las pruebas de inyección en los intervalos de 93, 141 Y 189 m alcanzaron entre 3 y 4 l/s, realizándose la inyección durante aproximadamente 20 minutos. En cada prueba, se logró un aumento del nivel de agua de menos de 1 m. Se calcula que la capacidad específica corresponde a un mínimo de 4 a 5 l/s/m de descenso.
- Basándose en la comparación de la prueba a 45 m y aquéllas realizadas a mayor profundidad, los datos sugieren que existe una significativa zona .Y permeable entre 45 m y 93 m. A 93 m y mayor profundidad, la formación es capaz de aceptar el caudal inyectado de 3 a 4 l/s prácticamente sin ningún aumento del nivel de agua.
- Los resultados sugieren que es posible sostener una producción razonable (estimada en >5 l/s, posiblemente > 10 l/s) desde un pozo de bombeo en esta ubicación.

Prueba de 'airlift' y recuperación

Algunos de los aspectos principales de la prueba de 'airlift' y el monitoreo de la recuperación son los siguientes:

- El nivel de agua subterránea anterior a la prueba en los sondeos fue de 41,1 m bajo la superficie.
- La prueba de 'airlift' se realizó durante 60 minutos. La producción inicial del sondeo correspondió a casi 6 l/s, pero se redujo y estabilizó en aproximadamente 3 l/s después de 20 minutos.
- Los datos disponibles no permiten realizar una evaluación del descenso total al término del período de 'airlift'.
- Se produjo una brecha de información de 12 minutos entre el término del periodo de 'airlift' y el inicio del monitoreo del nivel de agua. Por lo tanto, no se monitoreó la mayor parte de la recuperación del nivel de agua subterránea.
- Los datos de la recuperación disponibles sugieren que el nivel de agua subterránea en el sondeo se recuperó a aproximadamente 39,5 m bajo la superficie del suelo, lo que corresponde a un nivel significativamente más elevado (1,5 m aproximadamente) que el nivel anterior a la prueba que se informó. Esto sugiere que 1) el nivel anterior a la prueba que se informó no era estable (es decir, correspondía a un nivel de agua recuperado de una anterior perforación o trabajo de producción de 'airlift', ó 2) algunas de las mediciones presentaban algún problema. En general, puede considerarse que la recuperación ocurre en forma relativamente rápida.

Análisis

En general, los resultados indican que este sondeo interceptó algunas zonas productivas permeables.. Los resultados de las pruebas de inyección sugieren que la principal zona permeable se encuentra a una profundidad de entre 45 y 93 m. Esto está corroborado posiblemente por los caudales de 'airlift' obtenidos durante la perforación.

• Análisis del sondeo 428

El sondeo 428 fue ubicado en rocas intrusivas aproximadamente 200 m al este de una importante falla noroeste-sureste que corre paralelamente a la Falla de La Mina. La finalidad del sondeo era investigar las propiedades hidráulicas de los materiales intrusivos e interceptar fracturas profundas asociadas con la zona de fallas.

El sondeo de exploración de aguas subterráneas 428 se perforó en basamento rocoso intrusivo hasta una profundidad total de 125 m. El agua se detectó por primera vez en el sondeo a una profundidad de aproximadamente 29 m bajo la superficie. Durante la perforación, se recopiló la siguiente información hidráulica:

- Producción de 'airlift' a intervalos de 6 m bajo el agua subterránea estática, durante la perforación.
- Se realizaron pruebas de inyección a profundidades de 54 y 112 m durante la perforación.
- Una prueba de 'airlift' al término de la perforación y el subsiguiente monitoreo de la recuperación del nivel de agua.

Caudal de 'airlift' durante la perforación

El caudal de 'airlift' medido versus la profundidad durante la perforación. Los datos indican un aumento progresivo de la producción de 0,1 a 1,3 l/s entre los intervalos de profundidad de 45 y 120 m.

Pruebas de inyección

Algunos de los aspectos principales de resultados de las pruebas de inyección son los siguientes:

- El caudal de inyección en el intervalo de 54 m correspondió a aproximadamente 2,3 l/s con una duración de 5 minutos. Durante el período de inyección, el nivel de agua del sondaje aumentó rápidamente en 32 m. Después del término de la prueba, el nivel de agua retrocedió al nivel anterior a la prueba a lo largo de un período de 25 minutos. La capacidad específica calculada para el sondaje a esta profundidad es " muy baja, siendo inferior a 0,1 l/s/m.
- La prueba de inyección en el intervalo de 112 m fue similar a la anterior. Se inyectó agua a un caudal promedio de 1,2 l/s durante un período de 17 minutos. El nivel de agua en el sondaje aumentó continuamente a un máximo de 30 m durante este período. Una vez que se detuvo la inyección, el nivel de agua retrocedió al nivel anterior a la prueba a lo largo de un período de aproximadamente 32 minutos. Los datos sugieren que la recesión a un nivel inferior al nivel de agua anterior a la prueba ocurrió realmente. La capacidad específica nuevamente es muy baja, equivalente a menos de 0,1 l/s/m.

Prueba de 'airlift' y recuperación

Algunos de los aspectos principales de la prueba de 'airlift' y el monitoreo de la recuperación son los siguientes:

- El nivel de agua subterránea anterior a la prueba en los sondajes correspondió a 29 m bajo la superficie.
- La prueba de 'airlift' se realizó durante 63 minutos. La producción inicial del sondaje correspondió a casi 4 l/s, pero se redujo rápidamente y estabilizó a un poco menos de 1 l/s.
- Los datos de recuperación inicial sugieren que se produjo un descenso superior a 46 m durante el periodo de 'airlift', lo que es muy considerable dado el modesto caudal de descarga.
- Se produjo una brecha informada de 10 minutos entre el término del periodo de 'airlift' y el inicio del monitoreo del nivel de agua. La extrapolación de los datos de la recuperación hasta el final del período de 'airlift' sugiere que esta brecha probablemente fue inferior a 10 minutos.
- Se indicó que la recuperación inicial del nivel de agua del sondaje fue relativamente rápida, pero la recuperación hasta el nivel anterior a la prueba no se produjo, estabilizándose el nivel de agua aproximadamente 310 m bajo la superficie, lo que corresponde a 2 m bajo el nivel anterior a la prueba.

Análisis

Los datos disponibles sugieren que las formaciones interceptadas por este sondaje tienen baja permeabilidad y no indican una producción significativa de agua subterránea.

• Análisis del sondaje 430

El sondaje 430 fue ubicado de manera de interceptar la Falla de La Mina y el contacto entre caliza e intrusivas. Nuevamente, el propósito era interceptar fracturas conductivas en profundidad. Se situó el sondaje hacia el sur de la propiedad de la mina, cerca de la base de una vertiente tributaria del Río Tenemaxtles.

El sondaje de exploración de agua subterránea 430 fue perforado en basamento rocoso de caliza hasta una profundidad total de 90 m. Se detectó agua por primera vez en el sondaje a una profundidad de aproximadamente 55 m bajo la superficie. Durante la perforación se recopiló la siguiente información hidráulica:

- Producción de 'airlift' a intervalos de 6 m. bajo el agua subterránea estática, durante la perforación.
- Se realizó una prueba de inyección a una profundidad de 84 m durante la perforación.

- Una prueba de 'airlift' al término de la perforación y el subsiguiente monitoreo de la recuperación del nivel de agua.

Se registró el caudal de 'airlift' mínimo durante la perforación. A la profundidad total del sondaje, se registró una producción esporádica de <1 l/s. No se observó ningún surgimiento de agua durante la perforación.

Prueba de inyección

- Algunos de los principales aspectos de la prueba de inyección son los siguientes:
- El caudal de inyección en el intervalo de 84 m correspondió a aproximadamente 5,5 l/s con una duración de 6 minutos. Durante el periodo de inyección, el nivel de agua del sondaje aumentó rápidamente en 48 m (en 1 minuto) y luego se estabilizó. Después del término de la prueba, el nivel de agua retrocedió rápidamente al nivel anterior a la prueba a lo largo de un período de 2 minutos. La capacidad específica del sondaje calculada a partir de los datos es muy baja, correspondiendo a 0,1 l/s/m.
- El rápido aumento del nivel de agua y la baja capacidad específica del sondaje sugieren que las formaciones geológicas en esta ubicación tienen baja permeabilidad y sólo producen cantidades menores de agua subterránea. La rápida recuperación a los niveles anteriores a la prueba después del término de la prueba es, sin embargo, más indicativa de un sistema permeable y contradice en parte las observaciones anteriores.

Prueba de 'airlift' y recuperación

Se realizó una prueba de 'airlift' a la profundidad total del sondaje (90 m). El sondaje produjo aproximadamente 1 l/s durante el período de 60 minutos de la prueba. Se desconoce la magnitud del descenso que se produjo durante la prueba. Aproximadamente 2 minutos después del término del 'airlift', se observó que el nivel de agua del sondaje era el mismo que el nivel anterior a la prueba (56 m).

Análisis

Los datos disponibles sugieren que las unidades geológicas encontradas en este sondaje no contienen significativas fracturas que produzcan agua. Es posible que, si el sondaje se hubiera perforado hasta la totalidad de la profundidad planeada de 200 m, se habrían interceptado entonces fracturas conductivas y una cantidad significativa de agua subterránea. Sin embargo, dada la información disponible, los 90 m de la formación perforada y sometida a prueba no son aptos para el desarrollo de agua subterránea.

• Análisis del sondaje 401

El sondaje 401 correspondía a un sondaje de exploración de mineral que se aprovechó oportunamente como sondaje de exploración de agua subterránea. Este sondaje está ubicado hacia el noroeste de la zona de la Falla de La Mina, en estrecha proximidad con varios piezómetros preexistentes. Se utilizó para reevaluar las propiedades hidráulicas en la zona principal de fallas, cerca del contacto de la caliza y las rocas intrusivas mineralizadas.

- El sondaje de exploración de mineral 401 se perforó en basamento rocoso intrusivo hasta una profundidad total de 123 m. El agua se detectó por primera vez en el sondaje a una profundidad de aproximadamente 75 m bajo la superficie. Durante la perforación, se recolectó la siguiente información hidráulica:
 1. Producción de 'airlift' a intervalos de 6 m bajo el agua subterránea estática, durante la perforación.
 2. Se realizó una prueba de inyección a una profundidad de 78 m durante la perforación.

Caudal de 'airlift' durante la perforación

Se registró un caudal de 'airlift' mínimo durante la perforación. Se detectó agua por primera vez a una profundidad de aproximadamente 75 m, pero sólo se informó un caudal insignificante (<0,5 l/s) bajo esta profundidad durante la perforación.

Prueba de inyección

Algunos de los principales aspectos de la prueba de inyección son los siguientes:

- La prueba de inyección se realizó a una profundidad de 78 m, lo que sólo se encuentra marginalmente por debajo del nivel de agua subterránea registrado.
- El caudal de inyección correspondió a aproximadamente 6,6 l/s durante un período inicial de 5 minutos y luego se redujo a aproximadamente 3 l/s durante otros 9 minutos. El nivel de agua durante la prueba refleja el caudal de inyección: inicialmente, el nivel de agua aumentó rápidamente en 70 m en menos de 2 minutos. Luego retrocedió y se estabilizó a aproximadamente 40 m sobre el nivel anterior a la prueba cuando se redujo el caudal de inyección a 3,3 l/s. La capacidad específica de la formación indicó un valor aproximado de 0,1 l/s/m, a pesar de que este valor debe tratarse con precaución dado que refleja las características hidráulicas de la formación no saturada.

- Después del término de la inyección, el nivel de agua retrocedió al nivel anterior a la prueba con relativa rapidez, completándose más del 90% de la recuperación en aproximadamente 8 minutos.
- Las pruebas hidráulicas descritas anteriormente se realizaron a una profundidad de sólo 10 m bajo los niveles de agua subterránea estáticos. Los datos sugieren que los 10 m de saturación iniciales del sondaje (75 m a 84 m) no contienen zonas de fracturas importantes que contienen agua.

Análisis

Los datos disponibles no muestran que existan recursos significativos de agua subterránea hasta una profundidad de por lo menos 84 m. Sin embargo, el mapa geológico sugiere que la ubicación se encuentra cerca de fallas distritales significativas. Si éstas fueran interceptadas a profundidad, podrían tener potencial para una significativa producción de agua subterránea.

• Análisis del sondaje 437

El sondaje de exploración de agua subterránea 437 fue perforado cerca de la intercepción de la Falla de la Mina de orientación noroeste-sureste y la Falla El Guayabillo de orientación sur-suroeste a norte-noreste. Se consideraba probable que esta zona contuviera fracturas en profundidad debido a la densidad local y a la intersección de estructuras importantes. La geología esperada correspondía a rocas caliza e intrusivas intercaladas. Tal como en el caso de los sondajes 425 y 427, se ubicó cerca de la base del Río Tenemaxtles, directamente al norte de la corriente y aproximadamente 200 m aguas arriba del sondaje 427.

Análisis

El sondaje se perforó hasta una profundidad total de 165 m. Se detectó agua por primera vez a una profundidad de 15 m bajo la superficie. Sin embargo, bajo una profundidad de alrededor de 40 m, el nivel de agua en el sondaje se elevó por sobre la superficie y fluyó libremente cuando no se estaba efectuando la perforación.

Durante la perforación sólo se pudo recopilar información hidrogeológica limitada. Después de terminada la perforación, se informó una tasa de derrame desde el sondaje de aproximadamente 1 l/s.

Durante la perforación del sondaje, el primer surgimiento de agua ocurrió aproximadamente en la cota del Río Tenemaxtles, que se encuentra aproximadamente 20 m al sur, como era de

esperarse. Sin embargo, se encontraron condiciones artesianas a una profundidad aproximada de 40 m.

Las cotas de agua subterránea de 700-1,000 m al noroeste de la zona de la Falla de La Mina alcanzan hasta 200 m por sobre la cota del collar del sondaje 437 (véase la Sección 3.1). Dada la proximidad de estas altas cargas y la ubicación del sondaje 437 en el piso de un valle profundamente inciso, las condiciones artesianas no resultan sorprendentes.

La tasa de derrame desde el sondaje 437 está en función de 1) la conductividad hidráulica en la formación y 2) la carga hidrostática. La carga hidrostática no ha sido medida directamente en el sondaje. Sin embargo, dadas las condiciones potenciales de carga, un caudal de alrededor de 1 l/s indica probablemente una conductividad hidráulica de moderada a relativamente baja.

Existe una serie de vertientes pequeñas a unos 10 m al norte del sondaje que fluyen con un caudal de alrededor de 2 l/s. Emergen a una cota estimada en alrededor de 1 m por sobre el collar del sondaje 437. Actualmente son desviadas para suministro de agua de mina, con título de concesión 08MCH123345/17EOGE06 de fecha 14 de marzo de 2006, con su respectiva autorización de uso de zona federal con Título de Concesión 08MCH123343/17EGGE06 de fecha 14 de marzo de 2006 (anexo 10). Se ha detectado que durante la perforación, cuando se detuvo el flujo artesiano en el sondaje, disminuyó el caudal de las vertientes. Es razonable suponer que cualquier alteración del drenaje desde el sondaje 437 produciría una reducción del caudal de las vertientes del área, afectando únicamente las fuentes de suministro de agua de la Mina, ya que las vertientes locales de donde se abastece parte del agua de la comunidad de Aquila, no están directamente afectados por este sistema.

- Análisis de los piezómetros preexistentes

En su oportunidad, Las Encinas instaló siete piezómetros durante las perforaciones de exploración de mineral/de relleno, realizadas antes del programa de perforaciones de exploración de agua subterránea. Se presenta el resumen de los detalles aparece en la siguiente Tabla Cada piezómetro fue construido con un tubo de revestimiento de PVC de 2 pulgadas. En las secciones inferiores del tubo de revestimiento se hicieron pequeños agujeros para permitir el ingreso del agua.

Tabla 10 Resumen de los detalles de los piezómetros preexistentes

Piezómetro número	Hacia el este	Hacia el norte	Cota (msnm)	Profundidad perforada (m)	Geología principal
311	9.341	10.350	469	200*	Caliza, intrusivas Zona al sur de la falla la Mina
312	9.360	10.650	567	200*	Intrusitas Zona al este de la Falla la Mina
313	10.183	10.051	314	200*	Caliza, intrusivas Al sur de la falla el Guayabillo
386	9.015	10.820	664	84	Intrusivas zona de la falla la Mina
394	8.960	10.800	652	92	Intrusivas zona de la falla la Mina
398	8.995	10.780	648	103	Intrusivas zona de la falla la Mina
399	8.990	10.940	661	98	Intrusivas zona de la falla la Mina

*Estimado

• Pruebas de retardo de los piezómetros

Se realizaron pruebas de retardo en todos los piezómetros anteriores. Las pruebas se llevaron a cabo inyectando un volumen conocido de agua al interior del piezómetro de manera de elevar el nivel de agua subterránea. Se monitoreó luego la recesión del nivel de agua hasta alcanzar el nivel previo a la prueba. Posteriormente, los datos de nivel de agua versus tiempo fueron utilizados para calcular valores de conductividad hidráulica.

Las pruebas realizadas en todos los sondajes indican que los valores de conductividad hidráulica para la roca intrusiva mineralizada están dentro del rango de 1×10^{-6} a 1×10^{-5} cm/seg, lo cual es relativamente bajo. Cuatro de los piezómetros con baja conductividad hidráulica (398, 399, 311, Y 386) están ubicados en la zona de la falla La Mina. La prueba realizada en el sondaje #394, también ubicado en la falla La Mina, indica una alta conductividad hidráulica de alrededor de 1×10^{-3} cm/seg.

• Manantiales

En varios puntos en la base del Tenemaxtles, surgen vertientes desde la caliza. Algunos aspectos principales son los siguientes:

- La vertiente #1 es perenne y su caudal observado es de 1-2 l/s (diciembre de 2004). El flujo es desviado hacia una pequeña estación de bombeo ubicada alrededor de 30 m al oeste de la vertiente.
- La vertiente # 2 también es perenne y su caudal observado es de 2-3 l/s (enero, junio y diciembre de 2004). Esta vertiente fluye libremente hacia el cauce del Río Tenemaxtles.

- Para la vertiente #3 los caudales observados en junio y diciembre de 2004 eran de alrededor de 1 l/s. Se ha informado que esta vertiente se utiliza para el abastecimiento de agua para el pueblo de Aquila.
- La vertiente #4 es utilizada de manera similar por el pueblo de Aquila. Nuevamente, la confiabilidad de su caudal es incierta. Las observaciones efectuadas en enero y junio de 2004 sugieren un caudal mínimo (2-3 l/s).

Se ha informado que todas las vertientes muestran un significativo aumento de caudal durante la estación de lluvias, tal como podría esperarse en un sistema de caliza fracturada. La variabilidad estacional del caudal es evidencia de un sistema de alta conductividad hidráulica pero de baja capacidad de almacenamiento.

Cotas de agua subterránea

• Distribución del nivel de agua subterránea

Las cotas de agua subterránea han sido medidas periódicamente en cada uno de los piezómetros preexistentes y en los piezómetros recién instalados. La siguiente Tabla muestra los niveles de agua subterránea más recientes que se han medido en cada uno. Algunos aspectos principales son los siguientes:

- Los niveles de agua subterránea en áreas topográficas elevadas en el lado noreste de la Falla de la Mina instaladas en rocas intrusivas mineralizadas varían entre 540 y 580 m (piezómetros #312, 386, 398, 399, 401, 428) y presentan una variabilidad local.
- Existe una variabilidad relativamente acentuada en las cotas de agua subterránea a lo largo del arrumbamiento de la Falla de la Mina y un gradiente generalmente escarpado desde el noroeste hacia el sureste (hacia el piso del valle del Tenemaxtles). Si bien en parte está controlado por la topografía, este aspecto sugiere una falta de conductividad hidráulica y de continuidad a lo largo del eje de la falla. El gradiente hidráulico promedio a lo largo del eje de la falla es de alrededor de 0,2 a 0,3, lo cual es alto e indicativo de una baja conductividad.
- Las cotas de agua subterránea en la caliza a lo largo del eje del valle del Tenemaxtles son más constantes, indicando los piezómetros 425 y 427 cotas de agua subterránea de 267 m y 248 m respectivamente. Esto sugiere una mayor conductividad hidráulica en la caliza, indicándose un flujo de agua subterránea a lo largo del piso del valle hacia el oeste, tal como era de esperarse.
- En el área del piso del valle del Tenemaxtles, existe discontinuidad entre los niveles de agua subterránea en la caliza (piezómetros 425 y 427) Y en la roca mineralizada

cercana y los bloques de caliza fragmentada dentro/al oeste de la falla La Mina (piezómetros 313,430,437).

- De manera general, los datos relativos a los niveles de agua subterránea sugieren enfáticamente que la falla La Mina constituye una barrera significativa para el agua subterránea entre la caliza y la roca mineralizada/intrusiva.

Tabla 11. Resumen de los datos de las cotas de agua subterránea

Piezómetro número	Cota de agua subterránea (msnm)	Fecha de la medición
Sondaje de exploración de agua subterránea		
425	267*	10-dic-04
427	248	10-dic-05
428	540	1-jul-04
430	325	1-jul-04
401	587	20-ago-04
437	317	12-dic-04
Piezómetros preexistentes		
311	355	4-dic-04
312	465,3	10-dic-04
313	308,4	10-dic-04
386	588,4	14-feb-04
394	562	2004*
398	558	2004*
399	571	2004*

*basado en la cota estimada del sondaje

• Niveles estacionales de agua subterránea

Se han confeccionado hidrogramas para los piezómetros que cuentan con suficientes mediciones a repetición, Algunos aspectos importantes son los siguientes:

- El piezómetro 311 muestra una recesión estacional menor desde diciembre de 2003 hasta junio de 2004 y luego un aumento menor de alrededor de 0.7 metros hasta diciembre de 2004, lo que indica una respuesta disminuida a la precipitación estacional. La cota promedio de agua subterránea es de 334,75 m.
- El piezómetro 312 muestra una lenta, permanente recesión estacional desde diciembre de 2003 hasta mediados de agosto de 2004, seguida por un aumento marcado de 3.0 m debido a la precipitación estacional ocurrida a mediados de agosto de 2004. La cota promedio de agua subterránea es de 458,5 m.
- El piezómetro 313 muestra una respuesta similar a la del piezómetro 311. La cota promedio de agua subterránea es de 308,3 m.

- El piezómetro 401 fue monitoreado desde marzo a julio de 2004 y mostró una recesión menor (alrededor de 0.7 metros durante ese período). El nivel promedio de agua subterránea fue de 588 m.

Todos los hidrogramas representan las respuestas en la zona de la falla/unidades intrusivas. De manera general, muestran cierto aumento y disminución estacional en los niveles de agua subterránea. Esto es evidencia de la recarga estacional de agua subterránea y de la consiguiente liberación de su almacenamiento.

Recarga y descarga de agua subterránea

• Condiciones generales de recarga

La recarga al sistema de basamento rocoso se produce por medio de la infiltración y la percolación hacia abajo de la precipitación incidente. Se espera que toda recarga de agua subterránea que se produzca dentro de la cuenca de Aquila fluya hacia niveles inferiores y se descargue sobre el sistema de corrientes tributarias y en el Río Aquila como corriente principal.

El sistema de captación en el área de propiedad de la mina es escarpado, contiene una densa vegetación y está compuesto por suelos de permeabilidad moderada a baja. Los eventos de precipitación son típicamente de corta duración y gran intensidad. Las tasas de evaporación son altas. La combinación de estos factores sugiere que la recarga al sistema de agua subterránea del basamento rocoso puede ser relativamente baja debido a las siguientes razones:

1. Una gran proporción de la precipitación que infiltra el suelo probablemente quedará retenida en los suelos someros para perderse luego por evapotranspiración.
2. Un componente significativo del agua dentro de la zona de suelos probablemente se desplaza hacia abajo por el escarpado gradiente topográfico hacia la base del sistema de captación y puede que no se desplace hacia abajo hacia el nivel freático del basamento rocoso.
3. Las tasas de escorrentía son altas, como queda evidenciado por la 'correntosa' repuesta del flujo en el sistema de captación superficial, por lo que se reducirá aun más la disponibilidad de agua para recarga de agua subterránea.

Se espera que la mayor parte de la recarga de agua subterránea se produzca entre mediados y fines de la estación de lluvias, cuando el déficit de humedad del suelo sea mínimo y las

tasas de evapotranspiración sean más bajas que la precipitación y las potenciales tasas de infiltración.

Es probable que la cantidad de recarga que se produce en el basamento rocoso de caliza y en el basamento de rocas intrusivas sea variable. De manera general, la caliza se observa más fracturada y abierta que la roca intrusiva y, por lo tanto, podría recibir potencialmente una mayor recarga.

- Caudal de base de agua subterránea

Se ha observado que los principales tributarios del Río Aquila presentan un cierto caudal perenne, aun cuando durante varios meses del año la precipitación es ínfima y la escorrentía casi cero. El caudal durante la estación seca se mantiene por la liberación del almacenamiento en el sistema de agua subterránea: ya sea desde el nivel freático del basamento rocoso o por el agua subsuperficial somera correspondiente al perfil del suelo de la zona no saturada.

El caudal de base dentro del sistema constituye una evidencia del régimen de recarga y descarga descrito anteriormente. El caudal de base de la estación seca se resume como sigue:

- En junio de 2004 se realizó una inspección visual del Río Aquila en un punto ubicado aproximadamente 2 km aguas arriba del pueblo de Aquila (cerca del tributario del Tenemaxtles, al oeste del límite de propiedad de la mina). Este es el período más acentuado de la estación seca y la época del año en que se esperan mínimos caudales de agua superficial. El Río Aquila fluía con un caudal significativo estimado en no menos de 1.000 l/s (1 m³/seg).
- Se realizaron estimaciones visuales del caudal de las cuencas tributarias de los Ríos Abuela y Tenemaxtles en junio de 2004 (al término de la estación seca), y dentro de los límites de propiedad de la mina en los puntos SW-1 y SW-2. En ambos puntos se realizó una estimación del caudal de alrededor de 25 l/s. Se realizaron mediciones instrumentales en cada punto en diciembre de 2004 (a comienzos de la estación seca), registrándose caudales de 150 l/s y 175 l/s respectivamente.
- Se realizaron estimaciones visuales del caudal en La Piña en mayo y junio de 2004. Esta es una cuenca tributaria aguas arriba de la propiedad de la mina que alimenta al Río Aquila. Se realizaron mediciones del caudal en diciembre de 2004. Las estimaciones visuales indicaban caudales de 150 l/s (mayo de 2004) y 100 l/s (Junio

de 2004). La medición instrumental realizada en diciembre de 2004 indicó un caudal de 80 l/s.

- Se realizó una medición instrumental en Ocote en diciembre de 2004, la que indicó un caudal de 500 l/s. El Ocote es una cuenca tributaria que se encuentra aguas arriba de la propiedad de la mina y también alimenta al Río Aquila.

Las ubicaciones de Ocote y de La Piña se muestran en la siguiente figura ambas cuencas son relativamente altas dentro del sistema de captación, con cotas dentro del rango de 400 a 1,200 m. El significativo caudal de base perenne en la parte alta del sistema de captación es evidencia de una baja conductividad hidráulica y de la compartimentalización dentro del sistema de basamento rocoso intrusivo. Si el sistema fuera más conductivo y estuviera más interconectado, se podría esperar entonces que la recarga de agua subterránea drenara hacia abajo y se descargara en cotas más bajas, dejando las cuencas más elevadas con un caudal de base ínfimo o sin caudal de base durante la estación seca.

Principales áreas de drenaje de agua superficial evaluadas en el proyecto.

Fig. 5 Cuenas y arroyos tributarios en la Zona de Estudio del Proyecto de la Mina Aquila.

- Estimación de la recarga

Las estimaciones de la recarga de agua subterránea se han efectuado como sigue:

- Mediante cálculo inverso utilizando los caudales de base.
- Mediante el desarrollo de un enfoque basado en el balance hídrico.

Estimaciones utilizando el caudal de base

Bajo la cuenca aguas arriba de La Piña subyacen rocas intrusivas y su área es de alrededor de 25 km². El caudal de base promedio en La Piña se estima en alrededor de 100 l/s, lo que da cuenta de la recesión y del aumento estacional del caudal.

Para mantener un caudal perenne de 100 l/s en La Piña, se requeriría una profundidad de recarga sobre el área de captación equivalente a una profundidad de precipitación de alrededor de 120 mm. En base a una tasa de precipitación anual promedio de alrededor de 1.550 mm para la cuenca de La Piña, (lo que se explica por su cota), esto equivale a una tasa de recarga de alrededor del 8%.

Bajo la cuenca aguas arriba de Ocote subyacen también rocas intrusivas y es posible efectuar un cálculo similar. El caudal de base anual promedio en Ocote se estima en alrededor de 300 l/s. La cuenca de captación tiene un área 27 km². La profundidad de recarga anual promedio se calcula en 350 mm, lo que corresponde a una tasa de recarga de alrededor de un 22%. Esta es significativamente mayor que en el caso de la cuenca de La Piña.

Un cálculo similar en el caso del Tenemaxtles en el punto SW-2 sugiere una tasa de recarga de alrededor de un 22%. Esto supone un caudal de base promedio de 100 l/s y una cuenca de captación de 9 km². La cuenca está compuesta por un basamento rocoso de caliza y rocas intrusivas.

De manera general, una estimación de la tasa de recarga de entre un 8 a un 22% de la precipitación anual resulta razonable.

- Estimación basada en el balance hídrico

Se realizó también una estimación de la recarga utilizando un enfoque basado en el balance hídrico. El balance hídrico consideraba disponible la humedad del suelo como recarga de la

cuenca, en base a las tasas mensuales promedio de precipitación y evaporación. Se utilizó la precipitación mensual promedio registrada en la Mina Aquila. Los datos de evaporación mensual se dedujeron a partir de los datos del clima del pueblo de Aquila y se ajustaron a la altitud del área de estudio. Este enfoque resulta apropiado para los suelos de moderada a débilmente permeables. El cálculo se realizó como sigue:

- A un espesor de cubierta vegetal promedio de 1 m se le asignó una supuesta porosidad promedio de un 20%.
- Para cada mes del año, el flujo entrante en el suelo se calculó como la precipitación total menos la escorrentía, la que se estimó en un 30%
- El flujo saliente del suelo se calculó como la evaporación en cubeta, medida multiplicada por un factor de 0,9. Para aquellos meses en los que había más flujo saliente que entrante, se calculó un déficit de humedad del suelo, con un máximo de 200 mm (1 m x 20% de porosidad).
- Para aquellos meses en que se calculó un superávit de agua, se supuso que la recarga se producía sólo después de que el déficit de humedad del suelo de los meses previos hubiera vuelto a cero.

La siguiente Tabla resume el balance hídrico, donde se indica lo siguiente:

- La profundidad de recarga anual promedio es de alrededor de 330 mm. Esto corresponde a alrededor del 20% de la precipitación.
- La recarga sólo se produce durante un breve período del año, a fines de la estación lluviosa (septiembre y octubre).
- Durante el resto de los meses del año, no se produce recarga debido a que 1) la evapotranspiración mensual excede significativamente la precipitación, y 2) el déficit de humedad del suelo consume un componente de la infiltración.

Una breve temporada de recarga queda en evidencia por el caudal de base observado en el sistema de agua superficial, el cual muestra una recesión relativamente pronunciada durante la estación seca.

Un componente de recarga se desplaza probablemente a través de la zona no saturada en capas relativamente someras. Puede que se almacene y se transmita dentro o por sobre el basamento rocoso meteorizado o bien, en horizontes de suelo desarrollados a mayor profundidad. El componente de recarga que llega al nivel freático del basamento rocoso puede ser sólo una fracción de la tasa de recarga estimada anteriormente.

Tabla 12. Estimación de la recarga utilizando un enfoque basado en el balance hídrico

	Precipitación (mm)	Escorrentía (mm)	Evapotranspiración (mm)	Déficit de humedad del suelo (mm)	Recarga (mm)
Enero	0	0	88	-188	0
Febrero	0	0	96	-200	0
Marzo	0	0	131	-200	0
Abril	0	0	145	-200	0
Mayo	29	9	146	-200	0
Junio	218	65	119	-167	0
Julio	102	31	101	-197	0
Agosto	424	127	101	-2	0
Septiembre	312	94	89	0	127
Octubre	428	128	95	0	205
Noviembre	0	0	78	-78	0
Diciembre	30	9	76	-134	0
	Recarga anual				332

Hidroquímico

Se tomaron siete muestras de agua en ubicaciones seleccionadas del sistema de agua superficial y subterránea. Las ubicaciones de las muestras se resumen en la siguiente Tabla

Tabla 13. Resumen de las muestras de agua recolectadas

Ref	Este	Norte	Fecha	Descripción	Tipo de drenaje
Aguas arriba de la mina					
1			Dic-05-04	Muestra de río, La Pina	Intrusita
2			Dic-05-04	Muestra de vertiente, La Pina	Intrusita
3			Dic-05-04	Muestra de río, Ocote	Intrusita
4			May-29-04	Muestra de río, Otate	Intrusita
5			Dic-05-04	Muestra de vertiente, 'El Chafre'	Intrusita
Aguas abajo de la mina					
6			May-29-04	Muestra de vertiente, Manantial Aquila	Caliza
7			May-29-04	Muestra de vertiente, Los Crudos	Caliza

Tres de las muestras se tomaron en vertientes y las restantes se recolectaron desde el sistema de agua superficial. Todas las muestras se analizaron con el fin de determinar los iones mayores y metales.

Cada muestra se ha analizado para determinar la consistencia iónica interna y los iones mayores se presentan como un Diagrama Piper. Algunos de los principales puntos son los siguientes:

- La química del agua es tipo bicarbonato de calcio con sólidos totales disueltos moderados a bajos. El pH de todas las muestras es neutro a levemente alcalino.
- Existe una diferencia limitada entre las composiciones de cualquiera de las muestras, independientemente de si se trata de una muestra de vertiente o río o de una muestra de roca intrusiva o roca caliza.
- La muestra del Manantial Aquila es una excepción. El tipo de agua es sulfato de calcio con STO levemente altos, pero todavía dentro del rango normal.
- Varias de las muestras de aguas arriba de la mina (#1,2,3,5) contienen concentraciones ligeramente elevadas de hierro (0,3 mg/1 para las muestras 1, 2 Y 3 Y 0,7 mg/1 para la muestra 5). A pesar de que las concentraciones se encuentran dentro de las normas, son relativamente significativas dadas las condiciones de pH ambientes. Demuestran que se encuentra presente hierro en forma natural en concentraciones elevadas.

Todas las muestras se recolectaron durante la estación seca (mayo de 2004 y diciembre de 2004). A pesar de que todas las muestras provienen de una ubicación única, lo que impide el análisis en series cronológicas, existe una clara distinción entre las muestras de mayo y diciembre. Las muestras de mayo presentan STO más elevados, lo que sugiere marcadamente una mayor proporción de almacenamiento de agua subterránea contribuyente al flujo base en el río y el sistema de vertientes durante el punto cúlmine de la estación seca / recesión estacional.

La falta de mineralización de las muestras de vertientes sugiere que la fuente es la recarga rápida y el flujo pasante de la precipitación, con un tiempo de residencia mínimo en el sistema de agua subterránea. Esto es consistente con el modelo conceptual hidrogeológico para el área del proyecto: se interpreta que la mayor parte de la infiltración y la recarga siguen una trayectoria somera hasta el sistema de agua superficial. La similitud entre las muestras de

agua superficial y de vertientes demuestra además la fuerte conexión entre el sistema de agua superficial y el sistema de agua subterránea.

Resumen de las condiciones de agua subterránea

En base a todos los datos disponibles y a los análisis realizados los elementos claves del sistema de agua subterránea del área de la mina se resumen como sigue:

- La cuenca de captación del área de la mina y pendiente arriba está compuesta por unidades de basamento rocoso de caliza y rocas intrusivas, con una cubierta de vegetación densa y una permeabilidad del suelo de moderada a baja.
- La ocurrencia de agua subterránea y su flujo en el basamento rocoso está limitado a las zonas de fracturamiento que comúnmente se asocian con las estructuras geológicas.
- Un basamento rocoso intrusivo subyace bajo los 2/3 en la parte este de la propiedad de la mina y bajo la totalidad de la cuenca de captación pendiente arriba.
- Los datos disponibles, incluyendo los de perforaciones y pruebas, indican decididamente que la roca intrusiva está compartimentalizada y que posee baja conductividad hidráulica a escala total.
- La Falla de La Mina es una falla regional con orientación noroeste - sureste que atraviesa la propiedad de la mina separando las rocas intrusivas al este de las rocas de caliza al oeste. Si bien las perforaciones de exploración de mineral sugieren que la Falla de la Mina está fracturada, los datos hidrogeológicos sugieren que la conductividad hidráulica total de la falla es relativamente baja.
- La Falla de La Mina probablemente actúa como una barrera al flujo de agua subterránea entre la caliza y el basamento rocoso intrusivo pendiente arriba.
- El agua subterránea encontrada en la roca intrusiva mineralizada contiene a veces una significativa cantidad de hierro, el cual forma lodo por oxidación y exposición a las condiciones atmosféricas.
- La caliza es más conductiva que la roca intrusiva y presenta un cierto desarrollo cárstico. Sin embargo, la ocurrencia y el desplazamiento de agua subterránea nuevamente se ven controlados por la estructura geológica, incluyendo fallas y estratificaciones.
- Las perforaciones de exploración de agua subterránea muestran la presencia de fracturas conductivas en ciertos puntos de la caliza.
- La recarga al sistema de agua subterránea se estima entre un 8% y un 22% de la precipitación anual promedio.
- Un componente de recarga probablemente fluye a través de capas someras en la zona subsuperficial/no saturada y descarga rápidamente al sistema de agua superficial.

Puede que otro componente tome una trayectoria de flujo más profunda y recargue el nivel freático del basamento rocoso. Finalmente, es probable que toda la recarga dentro de la propiedad de la mina y de la captación pendiente arriba se descargue localmente al sistema de agua superficial debido a la fuerte variación de la cota y a la naturaleza de fracturamiento variable del sistema de agua subterránea.

- Probablemente, la recarga del nivel freático es más significativa en la caliza que en las rocas intrusivas debido a su condición más fracturada y conductiva.

EVALUACIÓN DEL AGUA SUPERFICIAL

Se ha realizado una evaluación preliminar del sistema de agua superficial. La finalidad del trabajo es hacer estimaciones preliminares de los caudales promedio de agua superficial en ubicaciones seleccionadas en la cuenca de Aquila superior y la calidad de la misma.

La evaluación del agua superficial se enfocó en 2 puntos principales, las cuencas de los ríos Tenemaxtles y La Abuela cuya ubicación se encuentra dentro de la propiedad de la mina. El censo hídrico indicó que habría disponibilidad de un caudal perenne significativo en cada una de estas cuencas. Todas ellas se juntan con el Río Aquila en puntos ubicados aguas arriba del pueblo de Aquila.

Mediciones continuas del nivel de agua en el Río Abuela y en el Río Tenemaxtles

Con anterioridad a este proyecto no existían datos disponibles acerca del caudal de agua superficial para la cuenca del Río Aquila. A partir de observaciones efectuadas alrededor del sitio de la mina, se sabía que:

1. Los caudales de mediados y fines de la estación seca son relativamente bajos en las cuencas de los ríos Tenemaxtles y Abuela.
2. Durante la estación de lluvias, los caudales promedio aumentan significativamente.
3. Los caudales pueden aumentar en órdenes de magnitud con mucha rapidez durante los eventos de precipitación de la estación de lluvias

En mayo de 2004, se instalaron transductores de presión en los cauces de los ríos Abuela y Tenemaxtles en los puntos SW-1 y SW-2 respectivamente, como se resume en la siguiente Tabla. La finalidad de las instalaciones era obtener algunas estimaciones directas acerca de la variabilidad del caudal en las cuencas.

Tabla 14 Resumen de las estaciones de medición del caudal fluvial

Estación #	Hacia el este	Hacia el norte	Cota (msnm)	Área de captación contribuyente (km ²)
SW-1	10.000	10.400	334	9,1
SW-2	9.875	10.000	297	5,0

Los transductores fueron programados para medir la carga de presión a intervalos de 15 minutos. Las mediciones fueron convertidas a la profundidad del agua en el cauce. Algunos aspectos importantes son los siguientes:

- Existe un aumento general en la profundidad del cauce desde junio a octubre, coincidiendo con la estación de lluvias, tal como se esperaba.
- Desde octubre en adelante, la profundidad del cauce empieza a reducirse, indicando una recesión gradual del caudal después de la estación de lluvias.
- Existen numerosos puntos máximos de corta duración con relación a la profundidad del cauce. Estos demuestran la naturaleza correntosa del sistema de agua superficial, en donde ocurren eventos de corta duración de alto caudal en rápida respuesta a la precipitación.

Se llevaron a cabo inspecciones de las secciones del cauce para cada punto de medición instrumental. Estos datos fueron utilizados para desarrollar la relación entre el área humedecida versus la profundidad del cauce en cada punto. Los datos del transductor fueron luego convertidos a estimaciones del caudal en base a la ecuación de Manning, como sigue:

$$Q = 1/n A R^{2/3} S^{1/2}$$

- n = coeficiente de aspereza de Manning
- A = sección transversal del área de flujo (m²)
- R = radio hidráulico = A/P (m)
- P = perímetro humedecido del área de sección transversal (m)
- S = pendiente longitudinal del cauce l

Las estimaciones de caudal muestran la misma tendencia y fluctuación que se esperaban a partir de los datos de profundidad del cauce. Algunos aspectos importantes son los siguientes:

- En el caso del Abuela (SW-1), las estimaciones sugieren un caudal de unas pocas decenas a unos pocos cientos de litros por segundo durante mayo y comienzos de

junio. Éste aumenta por sobre 1 m³/seg desde junio hasta el punto máximo de la estación de lluvias en Septiembre, antes de retroceder otra vez gradualmente desde octubre a noviembre. Se indican los eventos de máximo caudal de 2 a 4 m³/seg, incluyendo eventos ocasionales de hasta 9 m³/seg. El registro de algunos de los mayores caudales máximos se perdió debido a que los transductores fueron arrastrados durante estos eventos. Por lo tanto, es posible que ocurran caudales máximos mayores que los indicados por el hidrograma estimado.

- En el caso del Tenemaxtles (SW-2), la tendencia del caudal es similar. El área de captación que se informa para SW-2 es mayor, lo que se refleja en los caudales estimados. Se indican caudales máximos regulares de 2 a 4 m³/seg, con eventos ocasionales de hasta 14 m³/seg. Nuevamente, se perdió en este caso el registro de algunos de los mayores caudales máximos.

Los datos del caudal son relativamente sensibles al valor de 'n' de Manning aplicado en el análisis. La geometría y el gradiente del cauce son irregulares, lo que añade una incertidumbre adicional al análisis. Sin embargo, los datos recolectados; las profundidades del cauce y los caudales calculados son extremadamente útiles para entender la caracterización del sistema de agua superficial. Valdría la pena continuar con el monitoreo durante al menos un año completo, de manera de permitir una caracterización adicional de la recesión del caudal durante la estación seca.

Medición del caudal de base durante la estación seca

Durante la segunda semana de diciembre de 2004, WMC llevó a cabo mediciones del caudal fluvial en puntos seleccionados. Se seleccionaron las siguientes ubicaciones:

- Río Abuela, alrededor de 100 m aguas arriba de SW -1.
- Río Tenemaxtles, alrededor de 200 m aguas abajo de SW-2.

Las mediciones y cálculos del caudal se realizaron utilizando el método de velocidad-área, como sigue: Se seleccionó una ubicación en cada cauce, se midió el ancho del cauce y luego se midió la profundidad del cauce a intervalos regulares (en general cada 2 pies aproximadamente).

Se realizó una medición de la velocidad a intervalos regulares a través del cauce (correspondientes a la ubicación de las mediciones de profundidad). Se utilizó un medidor de caudal a impulsión para medir la velocidad. El impulsor fue colocado a un 6011/0 de la profundidad del cauce.

Los datos del ancho del cauce versus profundidad se utilizaron para calcular el área del cauce y las áreas del sector.

Los datos de velocidad fueron analizados en combinación con el área del cauce para calcular el caudal total.

Tabla 15 Caudales fluviales medidos en diciembre de 2004

Ubicación	Caudal (l/s)
Aguas arriba de SW -1	175
Aguas debajo de SW -2	156

Las anteriores mediciones del caudal representan los valores del caudal de base a comienzos de la estación seca. A medida que la estación seca progresa entre comienzos y mediados de 2005, se espera que los caudales de base anteriores disminuyan en forma constante, aun cuando es posible que aumenten periódicamente debido a eventos de precipitación. En junio de 2004 se estimaron visualmente los caudales máximos de la estación seca para SW-1 y, SW-2. Se indicaron caudales mínimos de alrededor de 25 l/s y 25 l/s respectivamente. Para incrementar el nivel de confianza en la sustentabilidad del caudal perenne, se requerirían estimaciones precisas de la recesión del caudal de base estacional. Éstas sólo pueden obtenerse por medio de mediciones a repetición del caudal durante la estación seca. Las mediciones regulares de los caudales de: agua superficial fuera de la mina constituyen un problema debido al nivel de cooperación de los terratenientes locales.

Modelo preliminar de escorrentía

Se desarrolló un modelo preliminar de escorrentía con el fin de obtener una primera estimación del caudal promedio mensual en los puntos SW-1 (Abuela), SW-2 (Tenemaxtles).

El paso inicial fue evaluar los datos climáticos disponibles y establecer los datos de precipitación más representativos de las cuencas consideradas.

- Análisis de los datos climáticos

Precipitación anual promedio

Las cuencas consideradas en el análisis se encuentran: muy próximas a la estación Climatológica de medición de la mina, pero cubren una significativa gama del relieve

topográfico. Se sabe que la precipitación varía considerablemente en base a la altura del relieve. Por lo tanto, los datos de la mina pueden subestimar la precipitación en la cuenca. Se utilizaron los datos de precipitación del pueblo de Aquila, de la Mina Aquila y de varias otras estaciones climáticas regionales para establecer el conjunto de datos más representativo de las áreas de captación. Las estaciones climáticas utilizadas en el análisis se resumen en la siguiente Tabla.

Tabla 16 Ubicación de las Estaciones Climáticas

Número de código	Ubicación del sitio	Long g/m	Lat g/m	Cota(m)	Años de recolección de datos	Precipitación anual promedio(mm)	Evaporación anual promedio(mm)
6005	Cerro de Ortega	18	44	20	15	922	1,518
16008	Aquila, Aquila	18	26	163	16	1144	1,413
16076	Pozos, Arteaga	18	30	1.583	8	1593	1,238
16112	San Juan de Lima	18	35	150	6	1267	1,255*
	Mina Aquila			350	5	1354	

*Basado en grupo de datos incompletos

Se realizó una comparación entre los datos de precipitación anual promedio regional de las estaciones climáticas señaladas. La comparación confirma que la precipitación depende en gran medida del relieve y la altura topográfica.

Las cuencas de Abuela y Tenemaxtles poseen un área significativa con una cota de hasta 800 m.

En base a la relación cota-precipitación para esta área, un total de precipitación anual promedio representativo de estas cuencas es probablemente de alrededor de 1.450 a 1.500 mm. Éste es aproximadamente 100-150 mm más alto que en la Mina Aquila.

Las estaciones pluviométricas de la Mina Aquila y del pueblo de Aquila se encuentran próximas a las cuencas anteriores, pero están en una cota inferior (350 y 163 m respectivamente). La precipitación anual promedio en estos puntos es, por lo tanto, menor que en la cuenca superior.

Precipitación de año seco.

Se llevó a cabo también una estimación del año seco con un período de retorno de 1 en 50 años. La finalidad era obtener datos de entrada para el análisis de la esorrentía en un año seco.

El registro de precipitación en la Mina Aquila es relativamente breve, por lo que el análisis debió llevarse a cabo utilizando, los registros del pueblo de Aquila, donde se encuentran disponibles los datos de 19 años completos de precipitación. Los datos fueron trazados por medio de una distribución de frecuencia de eventos extremos de Gumbel.

El análisis indica que el año seco con un período de retorno de 1 en 50 años es de alrededor de 738 mm (± 116 mm, $p < 0,05$). Esto es comparable con una precipitación anual promedio de 1.144 mm en esa misma ubicación.

La precipitación anual promedio de las cuencas consideradas se estima en alrededor de 1.450 a 1.500 mm. Suponiendo que la relación cota-precipitación desarrollada para los datos anuales promedio se mantiene durante los años secos, entonces el período de retorno de 1 en 50 años del año seco para las cuencas se extrapola en el orden de 900-950 mm.

Evaporación.

La evaporación está en relación inversa con la altura. La Tabla anterior muestra la evaporación anual promedio de las estaciones climáticas regionales. No existen datos disponibles para la mina, se estima una tasa de evaporación anual promedio de alrededor de 1.300 mm.

La evaporación mensual muestra un patrón constante entre las estaciones regionales. Las tasas alcanzan el punto máximo durante la estación seca y se reducen durante la estación de lluvias.

- Estimaciones preliminares de escurrimiento bajo condiciones promedio.

Se calculó el caudal de agua superficial mensual promedio en cada punto utilizando el método de número de curva del NRCS. En base a la evaluación de la cuenca de captación, incluyendo el gradiente topográfico, los tipos de suelo y de vegetación, se seleccionó un número de curva de 85 en base a las indicaciones del método del NRCS. Las cuencas fueron clasificadas de acuerdo al TR-55 como un régimen de vegetación arbustiva, en condiciones hidrológicas adecuadas, sobre un suelo hidrológico del tipo C. Este tipo de cuenca tiene típicamente un número de curva de 81 bajo condiciones de humedad de suelo promedio. La precipitación en el sitio ocurre predominantemente entre junio y octubre y durante este período del año existe una alta probabilidad de presencia de una humedad previa significativa en el suelo al comienzo de un evento de precipitación. El número de curva se aumentó entonces a 85 de manera de reflejar la humedad previa esperada.

El método de número de curva fue aplicado a los totales de precipitación diaria de 6 años registrados en la Mina Aquila. Sin embargo, cada total de precipitación diaria fue aumentado proporcionalmente con respecto al total de precipitación anual promedio de 1.500 mm en las cuencas, versus 1.350 mm en la mina (en otras palabras, cada total de precipitación diaria fue aumentado en un 10%). La aplicación del método indicó que para producir un evento de escorrentía se necesitan 277 días para un período registrado en el cual la profundidad de la precipitación de 24 horas sobrepase los 9 mm.

En base a este análisis, se indicó que se generaba un total de 2.141 mm de escorrentía durante el período registrado. Comparado con el total de precipitación para el mismo período (8.940 mm) se estima entonces un coeficiente de escorrentía promedio en las cuencas de un 24 %, el cual está dentro de un rango esperado razonable. Sin embargo, se produjo un número significativo de lagunas en el conjunto de datos de precipitación diaria durante la estación de lluvias (en particular, en septiembre y octubre de 2002). Por lo tanto, se estima que es más probable que el coeficiente de escorrentía real sea de alrededor de un 30%. Se utilizó un coeficiente de escorrentía promedio de un 30% para calcular los caudales promedio y los volúmenes de caudal para cada cuenca.

- Caudales de escorrentía mensual promedio

Se estimaron las tasas de escorrentía mensual promedio para el Río Abuela en SW-1, el Río Tenemaxtles en SW-2, La Piña y Ocote en base a las profundidades de precipitación mensual promedio de las cuencas. Las tasas de escorrentía mensual promedio estimadas se presentan en la siguiente Tabla.

Tabla 17. Caudales fluviales mensuales promedio preliminares estimados a partir de la escorrentía de la precipitación

Mes	Precipitación promedio (m)	Coefficiente de escorrentía	SW-1 (m ³ /s)	SW-2 (m ³ /s)
Enero	0	0,3	0,00	0,00
Febrero	0	0,3	0,00	0,00
Marzo	0	0,3	0,00	0,00
Abril	0	0,3	0,00	0,00
Mayo	0,014	0,3	0,01	0,02
Junio	0,183	0,3	0,19	0,30
Julio	0,277	0,3	0,29	0,46
Agosto	0,334	0,3	0,35	0,55
Septiembre	0,462	0,3	0,49	0,76
Octubre	0,178	0,3	0,19	0,29
Noviembre	0,028	0,3	0,03	0,05
Diciembre	0,005	0,3	0,01	0,01

Es importante enfatizar que los caudales promedio presentados en la Tabla 4.4 se han estimado solamente a partir de la escorrentía y que no incluyen el componente de caudal de base. Más aun, las tasas de escorrentía promedio no reflejan la naturaleza correntosa del sistema. Los caudales instantáneos máximos y mínimos serán variables en orden de magnitud en comparación con el promedio.

• Caudal total mensual promedio

El caudal total en cada ubicación considerada también incluye el caudal de base (caudal total = escorrentía + caudal de base). El caudal de base mensual en cada ubicación fue estimado en base a los datos disponibles.

Se estimó un volumen de caudal de base anual promedio para cada cuenca en base al área de captación multiplicada por una profundidad de recarga anual promedio de 332 mm. Se distribuyó el volumen anual a través de cada mes del año y se lo convirtió en un caudal mensual en base al supuesto de que 1) los caudales de base medidos en diciembre de 2004 representan el mes de mayor caudal del año, 2) el caudal de base medido/observado en junio de 2004 era el mínimo, y 3) alrededor del 50-60% de la recarga dentro de la cuenca aguas arriba de cada ubicación se descarga y refuerza el caudal de agua superficial. La siguiente Tabla presenta el caudal total mensual promedio estimado (caudal de base más escorrentía) en cada una de las 4 ubicaciones.

Tabla 18. Caudales fluviales totales mensuales promedio preliminares estimados

Mes	SW-1 (m ³ /s)	SW-2 (m ³ /s)
Enero	0,13	0,14
Febrero	0,11	0,12
Marzo	0,09	0,10
Abril	0,07	0,08
Mayo	0,07	0,08
Junio	0,22	0,33
Julio	0,31	0,48
Agosto	0,39	0,59
Septiembre	0,54	0,82
Octubre	0,26	0,38
Noviembre	0,15	0,18
Diciembre	0,16	0,18

En el caso de SW-1 y SW-2, los caudales mensuales promedio de junio a octubre están dentro del rango de 0,3 a 0,5 m³/seg y 0,3 a 0,8 m³/seg. Dados los supuestos considerados en el análisis, los valores son razonablemente comparables con las estimaciones de caudal derivadas a partir de los transductores. Los datos obtenidos de los transductores indican caudales promedio más altos que los que sugiere el modelo de escorrentía preliminar. Sin embargo, ambos sugieren caudales mensuales promedio significativos. Se hace énfasis en que los valores mensuales promedio no reflejan caudales máximos de menor duración, los que serían de un orden de magnitud más, altos que el promedio.

- Modelo de escorrentía preliminar para condiciones de sequía

Se repitió el análisis en base al año seco con un período de retorno de 50 años. Probablemente, éste constituye un evento de diseño razonable para evaluar la viabilidad del suministro de agua.

La precipitación mensual se basó en un total anual de 950 mm. Éste se distribuyó a través de cada mes del año en base a la distribución de la precipitación mensual promedio en la mina de Aquila. Por lo tanto, el análisis supone que la distribución de la precipitación de un año seco es similar a la del año promedio. De manera conservadora, el coeficiente de escorrentía se redujo en un 20%. Sin embargo, el coeficiente de escorrentía está más influenciado por la intensidad de la precipitación que por los totales mensuales o anuales.

En cuanto al componente de caudal de base, la recarga se estimó utilizando el enfoque basado en el balance hídrico esbozado como en aproximadamente 170 mm, o apenas el 50% del promedio. Todos los valores de caudal de base utilizados en el análisis de caudal promedio fueron reducidos nominalmente en un 60% para mantener un enfoque conservador. Las tasas de escorrentía mensual promedio estimadas para un año seco en SW-1, SW2, La Piña y Ocote se presentan en la siguientes Tablas, se presenta el caudal total en cada ubicación (escorrentía más caudal de base).

La comparación con los caudales estimados para un año promedio indica una significativa reducción para un año seco, tal como era de esperarse.

Las estimaciones iniciales que se presentan a continuación indican una significativa reducción del caudal en comparación con el año promedio. Sin embargo, el caudal total promedio combinado para la mayoría de los meses es significativamente mayor que los 100 l/s (0,1 m³/seg) que se requieren como suministro de agua. Los meses de menor caudal son de enero a mayo, cuando se indica un promedio de apenas 0,2 m³/seg como disponible desde las 4

ubicaciones. Esto es comparable con los caudales combinados de más de 0,5 m³/seg previstos bajo condiciones de precipitación promedio.

En realidad, puede que no ocurra un evento crítico de bajo caudal como resultado de 1 solo año seco entre 50 años, pero podría ser la culminación de varios años de precipitación por debajo del promedio, algunos caudales instantáneos podrían potencialmente caer por debajo de la demanda de 100 l/s.

Tabla 19. Caudales fluviales mensuales promedio preliminares estimados a partir de la escorrentía de la precipitación para 1 año seco entre 50 años

Mes	Precipitación promedio (m)	Coefficiente de escorrentía	SW-1 (m ³ /s)	SW-2 (m ³ /s)
Enero	0	0,2	0,00	0,00
Febrero	0	0,2	0,00	0,00
Marzo	0	0,2	0,00	0,00
Abril	0	0,2	0,00	0,00
Mayo	0,014	0,2	0,01	0,01
Junio	0,183	0,2	0,08	0,12
Julio	0,277	0,2	0,12	0,19
Agosto	0,334	0,2	0,14	0,23
Septiembre	0,462	0,2	0,20	0,31
Octubre	0,178	0,2	0,08	0,12
Noviembre	0,028	0,2	0,01	0,02
Diciembre	0,005	0,2	0,00	0,00

Tabla 20. Caudales fluviales totales mensuales promedio estimados preliminares

Mes	SW-1 (m ³ /s)	SW-2 (m ³ /s)
Enero	0,05	0,06
Febrero	0,04	0,05
Marzo	0,04	0,04
Abril	0,03	0,03
Mayo	0,03	0,03
Junio	0,09	0,14
Julio	0,13	0,20
Agosto	0,16	0,24
Septiembre	0,22	0,34
Octubre	0,11	0,15
Noviembre	0,06	0,07
Diciembre	0,06	0,07

- Estimación del caudal aguas abajo del Río Aquila

Se realizó una estimación preliminar del caudal en el Río Aquila en base al análisis anterior. El área combinada del Tenemaxtles (abarcando el Abuela), La Piña y Ocote es de aproximadamente 60 km². El área de captación del Río Aquila en la confluencia con el Tenemaxtles es de alrededor de 130 km². Por lo tanto, suponiendo condiciones similares de escorrentía y caudal de base a través de la cuenca, el caudal mensual promedio en la

confluencia del Río Aquila y el Tenemaxtles se estima entonces como alrededor del doble del caudal total que se muestra en la Tabla. Esto implica un caudal perenne promedio estimado de al menos 1.000 l/s (1 m³/seg) para un año de precipitación promedio y de 400 l/s (0,4 m³/seg) para 1 año seco entre 50 años.

- Análisis de los eventos de tormenta

La profundidad de la precipitación de una crecida de 24 horas en 100 años se determinó realizando un análisis de regresión de los seis años de datos de precipitación diaria para la Mina Aquila. La profundidad final de una precipitación de 24 horas en 100 años se estimó en alrededor de 260 mm. Se escogió una tormenta del NRCS de Tipo III como la distribución de precipitación más apropiada.

A modo de comparación, durante el periodo, comprendido entre el 18 y el 20 de Septiembre de 2000, la depresión tropical Norman produjo 373 mm (14,7 pulgadas) de precipitación en el Mina Aquila. En base a los datos de la estación climática de la mina, ésta produjo eventos de precipitación de 24 horas consecutivas de 53 mm (18-9-00), 135 mm (19-9-00), 150 mm (20-9-00) y 35 mm (21-9-00).

También a modo de comparación, el evento de precipitación de 24 horas en 100 años a lo largo de la Costa del Golfo de los Estados Unidos es típicamente de alrededor de 13 pulgadas (330 mm) de acuerdo con el atlas de precipitación de la NOAA. Esta región experimenta tormentas y huracanes tropicales similares a los que se producen en México.

- Modelo de caudal máximo

El análisis fue realizado utilizando el modelo HEC-HMS del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (USACE). Éste es un software de 'próxima generación' desarrollado en reemplazo del Paquete de Hidrogramas para Crecidas HEC-1. Está diseñado para simular el proceso de precipitación-escorrentía de sistemas de cuencas hidrográficas dendríticas. Es aplicable en una amplia gama de áreas geográficas para resolver la gama más extensa posible de problemas. Esta gama incluye el suministro de agua a partir de grandes cuencas fluviales e hidrología de crecidas y la escorrentía de cuencas colectoras urbanas o naturales. El computador hace uso de más de 30 años de experiencia con software de simulación hidrológica. El programa permite una simulación continua de hidrogramas durante largos periodos de tiempo y la computación de escorrentías distribuidas por medio de la representación de la cuenca hidrográfica mediante grillas de celdas.

Los caudales máximos estimados que se derivan de un evento de precipitación de 24 horas en 100 años son de aproximadamente 237 m³/seg en el caso del Río Abuela y de 190 m³/seg en el caso del Río Tenemaxtles. Las estimaciones resultan razonables en base al patrón de caudales observados y a la respuesta del sistema de captación. Sin, embargo, es preciso reconocer que las estimaciones están basadas en datos limitados.

Los modelos provisionales también funcionaron durante los eventos estimados de 25,10 y 2 años. El volumen total de la tormenta y flujos altos se resumen en la siguiente Tabla.

Tabla 21. Estimaciones de caudal máximo para eventos de precipitación de 24 horas

Punto	Q ₁₀₀ (m ³ /s)	Volumen de escorrentía (m ³)
25 Años		
SW-1	186	1,484,872
SW-3	149	861,035
10 Años		
SW-1	154	1,221,018
SW-3	124	708,106
2 Años		
SW-1	91	705,447
SW-3	73	409,317

IV.2.2 Aspectos bióticos

a) VEGETACIÓN

El estado de Michoacán tiene una vegetación muy diversa y rica en especies, condición que es el reflejo de sus condiciones fisiográficas, siendo de las más complejas del país. Destaca la presencia de la Depresión del Río Lerma y la del Río Balsas, así como la porción central del Sistema Volcánico Transversal, la Sierra Madre del Sur y finalmente, la Planicie Costera del Pacífico. En particular para este estudio es relevante la Planicie Costera del Pacífico que es una angosta franja delimitada por el Pacífico y la Sierra Madre del Sur. La Planicie esta formada por llanuras aluviales de escasa extensión en forma discontinua, separadas en donde la SMS penetra al Mar. Cubre una superficie de 700 km². aproximadamente, con una amplitud media de 3 km. y una altitud de 60 metros..En el Estado se distribuyen varias comunidades vegetales siendo que en su mayoría han sufrido grandes alteraciones, principalmente por actividades agrícolas y ganaderas. Dentro de las comunidades vegetales encontramos: Bosque de coníferas, Bosque de encino, Bosque mesófilo de montaña, Bosque tropical caducifolio, Matorral subtropical, Bosque espinoso. Bosque tropical subcaducifolio, Vegetación acuática y subacuática, Palmar, Vegetación de dunas costeras y pastizal (Rzedowski, 1978). Tomando la jerarquización de las provincias florísticas de México expuestas por Rzedowski (1981), el área de estudio se encuentra dentro de la región neotropical.

La influencia humana sobre la vegetación en México, en términos generales es altamente destructiva. La destrucción data desde la llegada del hombre al territorio nacional, pero los agentes que han acelerado la perturbación, son sin lugar a dudas: la colonización progresiva del país, la expansión de la agricultura y la ganadería, aunque no se debe dejar a un lado las acciones silvícolas, mineras y petroleras.

Los métodos de destrucción han sido diversos, algunos directos como los desmontes, el sobrepastoreo, el cambio de uso del suelo, los incendios y la explotación selectiva de algunas especies útiles y otros indirectos, como la modificación o eliminación del medio en que se desarrollan algunas comunidades bióticas.

Es importante señalar que durante las últimas décadas, la perturbación que han sufrido las comunidades primarias ha alcanzado una rapidez e intensidad desmedidas.

Cuando las tierras son poco apropiadas para la agricultura, se ocupan para fines ganaderos, y en ambos casos se desmonta totalmente el terreno y en el caso de los pastizales se utilizan gramíneas adaptables a las condiciones ecológicas prevalecientes y que sean palatables para alimentar adecuadamente al ganado.

La fisonomía característica de la vegetación natural de la zona de estudio, esta constituida por selva baja caducifolia, selva mediana subcaducifolia, pastizal y agricultura de temporal. Las selvas presentan fuertes perturbaciones de origen antropogénico, que incluso han provocado la desaparición de la cobertura original y en otros la recolonización de una vegetación secundaria de ambas selvas.

La vegetación original es casi inexistente, se podría decir que existen algunos manchones perturbados aislados en las pendientes más pronunciadas de las cañadas y ríos, a estos relictos de vegetación original de diferentes tipos se le ha denominado vegetación de galería. El pastizal es usado para pastoreo extensivo principalmente para el ganado vacuno, y las parcelas agrícolas son de temporal principalmente destinadas a la siembra de maíz y frijol, principalmente.

Características de la Vegetación

De acuerdo con el Inventario Nacional Forestal 2000-2001, la Región de Aquila está ocupada por los siguientes tipos de vegetación.

Tabla 22. Tipos de vegetación en la Región de Las Encinas

Tipo de Vegetación	Descripción
Selva baja caducifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea.	Sus componentes arbóreos varían en alturas de 4 a 15 metros, más frecuentemente entre 8 y 12 m. Casi todas las especies pierden sus hojas por periodos largos durante el año. Se incluyen en esta clase las selvas bajas perennifolias, subperennifolias, subcaducifolias, caducifolias y selvas bajas espinosas.
Selva mediana caducifolia y subcaducifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	Vegetación arbórea entre 15 y 20 m. de altura. Más del 50% de los árboles pierden el follaje durante la estación de sequía. Se presenta en climas cálidos semisecos.
Pastizal cultivado	Comunidad dominada por gramíneas y graminoides, establecida por el hombre mediante la siembra de semillas y subsecuentes labores de cultivo.
Agricultura de temporal	Cultivos temporales principalmente para autoconsumo, principalmente de maíz y frijol.
Vegetación de Galería	Se desarrolla en las margenes de los ríos y arroyos, debido a la mayor humedad existentes, presenta elemento de la vegetación original pero también puede presentar algunas especies arbóreas diferentes a la vegetación circundante

Dentro del área de estudio se determinaron con base en el inventario Nacional Forestal 2000-2001, los siguientes tipos de uso del suelo (anexo 24):

Tabla 23. Usos del Suelo de la Zona de estudio del Proyecto de la Mina Aquila.

USO DE SUELO	SUPERFICIE (ha)	(%)
Selva baja caducifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea.	64.61	16.85
Selva mediana caducifolia y subcaducifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	104.98	27.37
Pastizal cultivado	308.43	80.42
Total	383.54	

De acuerdo a la fotografía de satélite Keyhole (anexo 21) del 2006, y del trabajo de campo la vegetación en la zona ha sufrido cambios en su distribución quedando de la siguiente manera (anexo 25):

Tabla 24. Cambios en el Uso del Suelo de la zona de estudio del Proyecto de la Mina Aquila.

USO DE SUELO	SUPERFICIE (ha)	(%)
Selva baja caducifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea.	209.68	54.67
Selva mediana caducifolia y subcaducifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	67.87	17.70
Pastizal	5.09	1.33
Pastizal abandonado	38.51	10.04
Vegetación de Galería	4.40	1.15
Zona agrícola	1.32	0.34
Area sin vegetación	56.65	14.77
Total	383.52	

Tipos de Vegetación

En el área de explotación de la mina, la vegetación original es casi inexistente, quedando solamente manchones perturbados aislados en las cañadas y cauces de ríos. Como se menciona se ha observado que en otras zonas del area de ocupación principalmente las zonas de pastizal abandonado se ha ocupado por la Selva Baja caducifolia en las partes norte y este de la poligonal y la selva mediana caducifolia en la zona este y sureste.

Selva Baja Caducifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea

Esta comunidad vegetal se caracteriza por una fisonomía por presentar elementos que fluctúan en una talla promedio de 4 a 12 metros, donde más del 50% de los individuos o de sus elementos presentan el fenómeno de la perdida de sus hojas, con una duración que varia de 6 a 8 meses, caracterizado por representar la época de estiaje. Esta condición biológica genera un enorme contraste entre la temporada seca y la lluviosa.

En estas comunidades la mayoría los troncos de los árboles son conos, torcidos y ramificados cerca de la base, y las copas muy abiertas El estrato herbáceo es escaso en la temporada de secas y abundante en la época de lluvias, que es cuando retoñan y germinan estas especies.

Actualmente es difusa la definición de los estratos en esta comunidad vegetal en el área, sin embargo pueden definirse tres estratos: arbóreo, arbustivos y herbáceo. En el estrato arbóreo.

Las especies más características son:

Tabla 25. Listado florístico del estrato arbóreo de la Zona de estudio del Proyecto de la Mina Aquila.

Nombre científico	Nombre común
<i>Acacia hindsii</i>	Huizache costeño
<i>Albizia occidentalis</i>	Palo fierro
<i>Amphuerigrum adstringens</i>	Cuachalalate
<i>Astianthus viminalis</i>	
<i>Astromum graveolens</i>	Culebro
<i>Brosimum alicastrum</i>	Huje
<i>Bursera excelsa</i>	Cuajjote
<i>Bursera penicellata</i>	Cuajjote
<i>Bursera grandifolia</i>	Copal
<i>Bursera simaruba</i>	Cuajjote
<i>Caesalpinia cacalaco</i>	Calaco
<i>Caesalpinia eriotachys</i>	Iguanera
<i>Cedrela odorata</i>	Cedro rojo
<i>Ceiba aesculifolia</i>	Pochote
<i>Ceiba pentandra</i>	Pochota
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Cuanipa
<i>Comocladia engleriana</i>	Hinchahuevos
<i>Conostegia xalapensis</i>	Capulin
<i>Cordia alhodora</i>	Hormigoso
<i>Cordia eleagnoides</i>	Barcino
<i>Cordia seleriana</i>	
<i>Couepia polyandra</i>	
<i>Cyrtocarpa procera</i>	Chupalcojote
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Parota
<i>Ficus cotinifolia</i>	Tescalama
<i>Ficus goldmani</i>	
<i>Ficus insipida</i>	
<i>Ficus obtusifolia</i>	
<i>Ficus padiflora</i>	
<i>Ficus retusa</i>	
<i>Gliricidia sepium</i>	Cacahuananche
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guasimo
<i>Haematoxylum brasiletto</i>	Palo brasil
<i>Licania sp</i>	Cuirindo
<i>Lysiloma microphyllum</i>	Tepemezquite
<i>Margaritaria nobilis</i>	Madura platanos
<i>Muntingia calabura L.</i>	Equipal
<i>Myriocarpa longipes</i>	Ortiguilla
<i>Picramnia sp</i>	
<i>Pithecellobium dulce</i>	Guamúchil
<i>Platimiscium trifoliatum</i>	Granadillo
<i>Plumeria rubra</i>	Cacaloxuchil
<i>Pseudobombax ellipticum</i>	Clavellina
<i>Pseudospondingiun perniciosum</i>	Chupaljote

**Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para la Ampliación
de la superficie de explotación de la “Mina Aquila”, Aquila, Michoacán.**

Nombre científico	Nombre común
<i>Platymiscium lasiocarpum</i>	Granadillo
<i>Psidium sartorianum</i>	Arrayán
<i>Tabebuia donnell-smithii</i>	Primavera
<i>Ruprechtia fusca</i>	Guayabillo
<i>Salix humboldtiana</i>	Sauce
<i>Sideroxylon capiri</i>	Capiro
<i>Spondias purpurea</i>	Ciruelo cimarrón
<i>Stemmadenia aff. tomentosa</i>	
<i>Swietenia humilis</i>	Cobano
<i>Tabebuia chrysantha</i>	Verdecillo
<i>Tabebuia rosea</i>	Rosa morada
<i>Trema micrantha</i>	Capulin
<i>Trichilia sp.</i>	
<i>Zizipus mexicana</i>	Asmol

Tabla 26. Listado florístico del estrato arbustivo de la Zona de estudio del Proyecto de la Mina Aquila.

Nombre científico	Nombre común
<i>Acacia farnesiana</i>	Huizache
<i>Acacia cochleacantha</i>	Espino
<i>Acacia macracantha</i>	Huizache
<i>Acacia riparia</i>	
<i>Agave colimana</i>	Magueicillo
<i>Alvaradoa amorphoides</i>	Plumajillo
<i>Bromelia plumieri</i>	Chocohuiste
<i>Byrsonima crassifolia</i>	Nance
<i>Chamaedorea pochultensis</i>	palma
<i>Cephalocereus purpusii</i>	
<i>Cnidoscolus spinosus</i>	Mala mujer
<i>Cordia seleriana</i>	Coliguna
<i>Croton sp</i>	Croton
<i>Hechua laevis</i>	Gallito
<i>Heliocarpus terebinthinaceus</i>	Majahua
<i>Ipomea intrapilosa</i>	Ozote
<i>Ipomea wolcontiana</i>	Acote
<i>Jaquinia aurantiaca</i>	Guayacán
<i>Lantana camara</i>	
<i>Lasiacis sp.</i>	
<i>Leucanea glauca</i>	Guaje
<i>Lysiloma acapulcensis</i>	Tepeguaje
<i>Malpighia sp</i>	
<i>Manihot sp.</i>	
<i>Nicotiana glauca</i>	Tabaquillo
<i>Pachocereus pecten-arboriginum</i>	cacto
<i>Pileus mexicana</i>	Bonete
<i>Piper sp.</i>	
<i>Pitcarnia colimensis</i>	Flor amarilla
<i>Pithecellobium dulce</i>	Guamúchil
<i>Pluchea symphytifolia</i>	Santa María
<i>Randia armara</i>	Crucillo
<i>Sapium pedicelatum</i>	Higuerilla brava
<i>Spondias mombin</i>	Ciruelo silvestre
<i>Stenocereus marginatus</i>	
<i>Urera caracasana</i>	Quemadora
<i>Wigandia urens</i>	

Tabla 27. Listado florístico del estrato herbáceo de la Zona de estudio del Proyecto de la Mina Aquila.

Nombre científico	Nombre común
<i>Achimenes sp.</i>	
<i>Adiantum sp.</i>	
<i>Aechmea bracteata</i>	Gallitos
<i>Amaranthus spinosus</i>	Quelite
<i>Anthurium sp.</i>	
<i>Asclepias curassavica</i>	Calgerina
<i>Begonia sp.</i>	Begonia
<i>Bidens reptans</i>	
<i>Bouteloa curtipendula</i>	Navajilla
<i>Byttneria catalpifolia</i>	
<i>Calathea sp.</i>	
<i>Calophyllum brasiliense</i>	Arbol Maria
<i>Canavalia sp</i>	
<i>Canna indica</i>	
<i>Cenchrus ciliaris</i>	Huizapol
<i>Cissus jaliscience</i>	
<i>Combretum fruticosum</i>	
<i>Commelina sp</i>	
<i>Crotalaria sp</i>	
<i>Cuscuta sp.</i>	Cuscuta o Tripa de pollo
<i>Cyperus compressus</i>	
<i>Cyperus fugas</i>	
<i>Cyperus michoacanensis</i>	
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	
<i>Digitaria decumbens</i>	Pangola
<i>Digitaria sp.</i>	
<i>Dioscorea sp.</i>	
<i>Dorstenia drakena</i>	
<i>Drymonia serrulata</i>	
<i>Gouania sp.</i>	
<i>Habenaria sp.</i>	
<i>Hechtia laevis</i>	
<i>Hemionitis sp.</i>	
<i>Hippocratea volúbilis</i>	
<i>Hymenocallis sp.</i>	Flor de estrella
<i>Ipomoea intrapilosa</i>	
<i>Ipomoea wolcottiana</i>	
<i>Jarilla chocola</i>	Berenjena
<i>Leucaena glauca</i>	
<i>Lycianthes sp.</i>	
<i>Lygodium venustum</i>	
<i>Merremia quinquefolia</i>	
<i>Mimosa pudica</i>	Vergonzosa
<i>Oncidium sp.</i>	

Nombre científico	Nombre común
<i>Panicum sp.</i>	Zacate
<i>Paspalum sp.</i>	Pasto gigante
<i>Persea sp.</i>	
<i>Petrea volubilis</i>	
<i>Philodendron sp.</i>	Conté
<i>Pitcairnia sp.</i>	
<i>Rhynchospora sp.</i>	
<i>Ruprechtia fusca</i>	Guayabillo
<i>Selaginella sp.</i>	
<i>Stachys sp.</i>	
<i>Syngonium</i>	
<i>Syngonium neglectum</i>	
<i>Tectaria heracleifolia</i>	
<i>Teramnus uncinatus</i>	
<i>Tillandsia sp.</i>	
<i>Tradescantia zebrina</i>	
<i>Urera caracasana</i>	
<i>Vitis sp.</i>	

Selva mediana caducifolia y subcaducifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea

Este tipo de vegetación se caracteriza por conformar una comunidad cuya altura varía de los 15 a los 30 metros. Sus copas forman un dosel casi continuo que genera una semipenumbra. En esta comunidad del 25 al 50% de sus especies, o de sus organismos, presentan hojas caducas, se les encuentra en cañadas o arroyos (Aquila, Los Tenamaxtles, La Abuela y El Chafre, entre otros) con microclimas más húmedos, es difícil caracterizar la florística de este tipo de vegetación, debido a que existen organismos arbóreos que se mezclan especies de selva baja y mediana algunas especies muy particulares de este tipo de vegetación como *Astianthus viminalis* (flor de agua) y *Salix humboldtiana* y *S. chinensis* (sauce llorón). En las siguientes tablas se muestran las especies más comunes por cada estrato.

Tabla 28. Especies más comunes del estrato arbóreo de la Zona de estudio del Proyecto de la Mina Aquila.

Nombre científico	Nombre común
<i>Albizia occidentalis</i>	Palo fierro
<i>Alvaradoa amorphoides</i>	Pluma jillo
<i>Astianthus viminalis</i>	Flor de agua
<i>Astronium graveolens</i>	Culebro
<i>Brosimum alicastrum</i>	Mojo
<i>Bursera grandifolia</i>	Copal
<i>Bursera simaruba</i>	Cuajote

**Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para la Ampliación
de la superficie de explotación de la “Mina Aquila”, Aquila, Michoacán.**

Nombre científico	Nombre común
<i>Caesalpinia cacalaco</i>	
<i>Caesalpinia eriostachya</i>	Iguanero
<i>Capparis indica</i>	
<i>Carica papaya</i>	Papaya cimarron
<i>Casearia corymbosa.</i>	Chamizo
<i>Cecropia obtusifolia</i>	Trompetero
<i>Cedrela odorata</i>	Cedro rojo
<i>Ceiba aesculifolia</i>	Pochote
<i>Ceiba pentandra</i>	Pochota
<i>Celtis iguanea</i>	Iguanero
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Bola de Toro
<i>Cordia alliodora</i>	
<i>Cordia elaeagnoides</i>	
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Parota
<i>Erythrina lanata</i>	Colorin
<i>Ficus goldmanii</i>	Zalate
<i>Ficus insipida</i>	
<i>Ficus obtusifolia</i>	
<i>Ficus padiflora</i>	Higuera
<i>Ficus retusa</i>	Zalate
<i>Gliricidia sepium</i>	
<i>Hellicarpus terebinthinaceus</i>	
<i>Ipomoea sp.</i>	
<i>Jacaratia mexicana</i>	Bonete
<i>Jacquinia aurantiaca</i>	Tziqueté
<i>Leucaena glauca</i>	Guaje
<i>Lysiloma acapulcensis</i>	Tepeguaje
<i>Lysiloma microphyllum</i>	Tepemezquite
<i>Muntingia calabura</i>	Equipal
<i>Myriocarpa longipes</i>	Ortiguilla
<i>Pithecellobium dulce</i>	Huamuchil
<i>Platymiscium aff. Lasiocarpum</i>	Granadillo
<i>Pseudobombax ellipticum</i>	
<i>Pseudosmodigium perniciosum</i>	Cuachalalate
<i>Psidium sartorianum</i>	Arrayán
<i>Randia armata</i>	
<i>Senna atomaria</i>	Vainillo
<i>Syderoxylon capiri</i>	Capire
<i>Spondias purpurea</i>	Ciruelo Cimarron
<i>Tabebuia chrysantha</i>	Verdesillo
<i>Tabebuia donelli - smithii</i>	Primavera
<i>Swietenia humilis</i>	caobilla

Tabla 29. Especies más comunes del estrato arbustivo de la Zona de estudio del Proyecto de la Mina Aquila.

Nombre científico	Nombre común
<i>Acalypha cineta</i>	
<i>Acrocomia mexicana</i>	Coyol, coyul
<i>Annona reticulata</i>	Anona
<i>Annona purpurea</i>	Cabeza de negro
<i>Bombax ellipticum</i>	Clavellina
<i>Bursera exelsa</i>	Copal
<i>Byrsonima crassifolia</i>	Nanche
<i>Cnidioscolus spinosus</i>	Ortiga o mala mujer
<i>Conostegia jalapencis</i>	Capulín
<i>Chamaedorea sp</i>	Palma
<i>Ficus cotinifolia</i>	Tescalama
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guasimo
<i>Hamelia patens</i>	
<i>Hura poliandra</i>	Habillo
<i>Inga jinicuil</i>	Jinicuil
<i>Lantana camara</i>	
<i>Lasiacis sp.</i>	
<i>Orbignya cohune</i>	Palma
<i>Pileus mexicana</i>	Bonete
<i>Piper sp.</i>	
<i>Pluchea symphytifolia</i>	Santa María
<i>Plumeria rubra</i>	Cacalosuchil
<i>Salix humboldtiana</i>	Sauce
<i>Sapium pedicelatum</i>	Higuerilla brava
<i>Senna fruticosa</i>	
<i>Stemandemia tomentosa</i>	Cojón de toro
<i>Trema micrantha</i>	Frutilla
<i>Ureia caracasana</i>	Quemadora
<i>Vitex mollis</i>	Uvalama
<i>Wigandia urens</i>	

Tabla 30. Especies más comunes del estrato herbáceo y epífitas de la Zona de estudio del Proyecto de la Mina Aquila.

Nombre científico	Nombre común
<i>Acalypha alopecuroides</i>	
<i>Achimenes aff. Flava</i>	
<i>Achimenes sp.</i>	
<i>Adiantum sp.</i>	
<i>Aechmea bracteata</i>	Gallitos
<i>Anthurium sp.</i>	
<i>Aristolochia taliscana</i>	Guaco
<i>Asclepias curassavica</i>	Calgerina
<i>Asclepias sp.</i>	
<i>Backebergia militaris</i>	
<i>Begonia sp.</i>	Begonia

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para la Ampliación de la superficie de explotación de la “Mina Aquila”, Aquila, Michoacán.

Nombre científico	Nombre común
<i>Bidens reptans</i>	
<i>Bouteloua curtipendula</i>	Avenilla
<i>Bromelia plumieri</i>	Gallito
<i>Byttneria catalpifolia</i>	
<i>Calophyllum brasiliense</i>	Arbol Maria
<i>Cenchrus ciliaris</i>	Zacate buffer
<i>Chamaesyce hyssopifolia</i>	
<i>Cheiloplecton sp.</i>	
<i>Cyperus compressus</i>	
<i>Cyperus fugas</i>	
<i>Cyperus michoacanensis</i>	
<i>Cyperus sp.</i>	
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	
<i>Dahlia coccinea</i>	Caharauesca
<i>Digitaria decumbens</i>	
<i>Dorstenia drakena</i>	
<i>Drymonia serrulata</i>	
<i>Hofmeisteria dissecta</i>	
<i>Ipomoea intrapilosa</i>	
<i>Ipomoea wolcottiana</i>	
<i>Leucaena glauca</i>	
<i>Lycianthes sp.</i>	
<i>Merremia quinquefolia</i>	
<i>Operculina pteripes</i>	P
<i>Oplismenus sp.</i>	
<i>Paspalum sp.</i>	Nudillo
<i>Persea sp.</i>	
<i>Pilea microphylla</i>	
<i>Pitcairnia sp.</i>	
<i>Porophyllum sp.</i>	Ojo de venado
<i>Ruprechtia fusca</i>	Guayabill
<i>Salpianthus purpurascens</i>	
<i>Selaginella sp.</i>	
<i>Tillandsia sp.</i>	
<i>Urera caracasana</i>	
<i>Valeriana sp.</i>	Valeriana
<i>Vitis sp.</i>	
<i>Ziziphus mexicana</i>	

Especies de Interés Comercial y/o Cultural

La gran mayoría de las especies vegetales que se encuentran en el área, no presentan propiamente un interés forestal comercial, debido actualmente quizás al número tan reducido de individuos por especie que existen en la zona, la dificultad de su extracción y a su tamaño no comercial, no obstante esto, las comunidades aledañas le otorgan diferentes usos, tales como los que continuación se señalan.

Tabla 30. Tipo de uso de las especies más comunes de la Zona de estudio del Proyecto de la Mina Aquila.

ESPECIES	USO				
	Alimenticio	Forestal	Medicinal	Forrajero	Otros
<i>Acacia spp.</i>				X	X
<i>Astronium graveolens</i>		X			
<i>Brosimum alicastrum</i>	?	?	X	?	
<i>Bursera excelsa</i>		X			X
<i>Bursera simaruba</i>		X	X		X
<i>Cecropia obtusifolia</i>			X		X
<i>Cedrela odorata</i>		X	X		X
<i>Ceiba aesculifolia</i>			X		X
<i>Ceiba pentandra</i>		X	X		X
<i>Cochlospermum vitofolium</i>			X		X
<i>Cordia elaeagnoides</i>		X			X
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	X	X	X	X	X
<i>Ficus spp.</i>		X		X	X
<i>Guazuma ulmifolia</i>	?		X	X	X
<i>Haematoxylum brasiletto</i>		X	X		X
<i>Hura poliandra</i>			X		X
<i>Inga jinicuil</i>	X	X			X
<i>Leucaena glauca</i>	X			X	X
<i>Syderoxylon capiri</i>	X	X		X	X
<i>Pileus mexicanus</i>	X			X	X
<i>Pythecellobium dulce</i>	X	X		X	X
<i>Platymiscium lasiocarpum</i>			X	X	X
<i>Spondias purpurea</i>	X		X		X
<i>Swietenia humilis</i>		X		X	X

Especies endémicas y/o en peligro de extinción

En el área y zonas aledañas se encuentran algunas especies que se encuentran en algún estatus de protección especial, señaladas en la NOM-059-SEMARNAT-2001, las que se mencionan a continuación.

Tabla 31. Especies con algún tipo de estatus de acuerdo con la NOM-059-SEMARNT-2001 de la zona de estudio del proyecto de la Mina Aquila.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	ESTATUS
<i>Backebergia militaris</i>	Organo	Pr
<i>Calophyllum brasiliense</i>	Arbol maria	A
<i>Chamaedorea pochultensis</i>	Palma	A
<i>Platymiscium lasiocarpum</i>	Granadillo	P
<i>Tabebuia chrysantha</i>	Verdecillo	A
<i>Astronium graveolens</i>	Culebro	A
<i>Syderoxylon capiri</i> (<i>Mastichodendron capiri</i>)	Capire	A

b) FAUNA

El objetivo de analizar las comunidades faunísticas tanto terrestres como acuáticas, en su caso, en un estudio de impacto ambiental radica, por un lado, en la conveniencia de preservarlas como un recurso natural importante y, por otro lado, por ser excelentes indicadores de las condiciones ambientales de un determinado ámbito geográfico.

El estado de Michoacán está enclavado en una región fisiográfica que presenta una gran diversidad biológica incluyendo la fauna silvestre. El 25% de los mamíferos endémicos de México se pueden encontrar en el Estado de Michoacán y en zonas adyacentes de los estados de Colima y Jalisco. A lo largo del eje Neovolcánico y en la Sierra Madre del Sur y sus Subprovincias costeras (Fa y Morales 1993) y en los bosques tropicales secos de oeste del país (Ceballos y Rodríguez 1993). Patrones similares se repiten con los reptiles y anfibios (Flores-Villela 1993) y las aves (Escalante *et al.* 1993). Por otra parte, el occidente de México recibe un alto número de especies de aves migratorias, siendo las selvas bajas caducifolias y subcaducifolias un hábitat clave para dichas aves (Hutto 1980).

En la zona ocupada por el polígono de la Mina Aquila se encontraron las siguientes especies de fauna:

Tabla 32. Especies faunísticas de mamíferos y tipo de estatus de acuerdo con la NOM-059-SEMARNT-2001 de la Zona de estudio del Proyecto de la Mina Aquila.

Espece	Nombre comun	Observaciones	Estatus de conservación
<i>Urocyon cineroargenteus</i>	Zorra gris	Entrevista	
<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	Entrevista	
<i>Dasyopus novemcinctus</i>	Armadillo	Huellas	
<i>Didelphys marsupiales</i>	Tlacuache	Entrevista	
<i>Herpailurus yagouaroni</i>	Jaguarundi	Entrevista	A
<i>Leopardus wiedii</i>	Mojocuan	Entrevista	P
<i>Sylvilagus sp</i>	Conejo	Excretas	
<i>Mephitis macroura</i>	Zorrillo	Entrevista	
<i>Pecari tajacu</i>	Jabalí	Entrevista	
<i>Procyon lottor</i>	Mapache	Entrevista	
<i>Nasua narica</i>	Tejón	Entrevista	
<i>Spermophilus adocetus</i>	Ardilla	Observación	

Tabla 33. Especies avifaunísticas y tipo de estatus de acuerdo con la NOM-059-SEMARNT-2001 de la Zona de estudio del Proyecto de la Mina Aquila.

Espece	Nombre comun	Observaciones	Estatus de conservación
<i>Bubulcus ibis</i>	Garza ganadera	Observación	
<i>Cathartes aura</i>	Zopilote cabeza roja	Observación	
<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote cabeza negra	Observación	
<i>Buteogallus anthracinus</i>	Aguililla negra	Entrevista	Pr
<i>Buteo jamaicensis</i>	Gavilán cola roja	Observación	
<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo	Observación	
<i>Asturina nitida</i>	Gavilán gris	Entrevista	
<i>Caracara cheriway</i>	Caracara	Entrevista	
<i>Philortyx fasciatus</i>	Codorniz	Entrevista	
<i>Ortalis poliocephala</i>	Chachalaca	Observación	
<i>Actitis macularia</i>	Alzacolita	Observación	
<i>Tringa flavipes</i>	Andarrios	Observación	
<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma ala blanca	Entrevista	
<i>Zenaida macroura</i>	Torcaza	Observación	
<i>Columbina inca</i>	Torcacita	Observación	
<i>Piaya cayana</i>	Cuco	Observación	
<i>Amazona finschi</i>	Loro	Entrevista	A
<i>Aratinga canicularis</i>	Perico	Observación	Pr
<i>Nyctidromus albicollis</i>	Chotacabras	Observación	
<i>Melanerpes chrysogenis</i>	Carpintero ojinegro	Observación	
<i>Celasphorus rufus</i>	Colibrí rojo	Observación	
<i>Chlorotisbon canivetti</i>	Colibrí verde	Observación	
<i>Progne chalybea</i>	Golondrina	Observación	
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Cardenalito	Observación	
<i>Tirannus crassirostris</i>	Papamoscas	Observación	
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Luis	Observación	

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para la Ampliación de la superficie de explotación de la “Mina Aquila”, Aquila, Michoacán.

<i>Calocitta formosa</i>	Urraca	Observación	
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero pijuy	Observación	
<i>Dendroica petechia</i>	Chipe amarillo	Observación	
<i>Passerina leclancherii</i>	Gorrión amarillo	Observación	
<i>Paser domesticus</i>	Gorrión domestico	Observación	
<i>Spizella passerina</i>	Gorrión chipe	Observación	
<i>Cacicus melanicterus</i>	Calandria	Observación	
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate	Observación	

Tabla 34. Especies herpetofaunísticas de mamíferos y tipo de estatus de acuerdo con la NOM-059-SEMARNT-2001 de la Zona de estudio del Proyecto de la Mina Aquila.

Espece	Nombre comun	Observaciones	Estatus de conservación
<i>Anolis nebulosus</i>	Lagartija gris	Observación	
<i>Cnemidophorus lineatissimus</i>	Lagartija rayada	Observación	Pr
<i>Ctenosaura pectinata</i>	Iguana negra	Observación	A
<i>Heloderma horridum</i>	Escorpión	Entrevista	A
<i>Iguana iguana</i>	Iguana verde	Entrevista	Pr
<i>Phrynosoma asio</i>	Lagartija espinosa	Entrevista	Pr
<i>Agkistrodon bilineatus</i>	Zolcuate	Entrevista	
<i>Boa constrictor</i>	llamacoa	Entrevista	A
<i>Crotalus molossus</i>	Víbora de cascabel	Observación	
<i>Basiliscus vitatus</i>	Tequereque	Entrevista	
<i>Kinosternon integrum</i>	Tortuga pechoquebrado	Observación	Pr

Tabla 35. Especies faunísticas de anfibios y tipo de estatus de acuerdo con la NOM-059-SEMARNT-2001 de la Zona de estudio del Proyecto de la Mina Aquila.

Espece	Nombre comun	Observaciones	Estatus de conservación
<i>Bufo marinus</i>	Sapo	Entrevista	
<i>Hyla sp</i>	Rana arboricola	Observación	
<i>Rana pipiens</i>	Rana pinta	Entrevista	

La Mina de Aquila se encuentra dentro de la IBA, por sus siglas en inglés (Important Bird Areas, Areas importantes de aves), denominada Pacífica Sur, y muy cercana a la IBA Centro. Dentro de la primera se encuentra la AICA Coalcomán-Pómaro número 25 con clave C-30, Aunque la mina no se encuentra dentro de esta AICA, las especies que se localizan en esta pueden ser visitantes de la zona de la Mina.

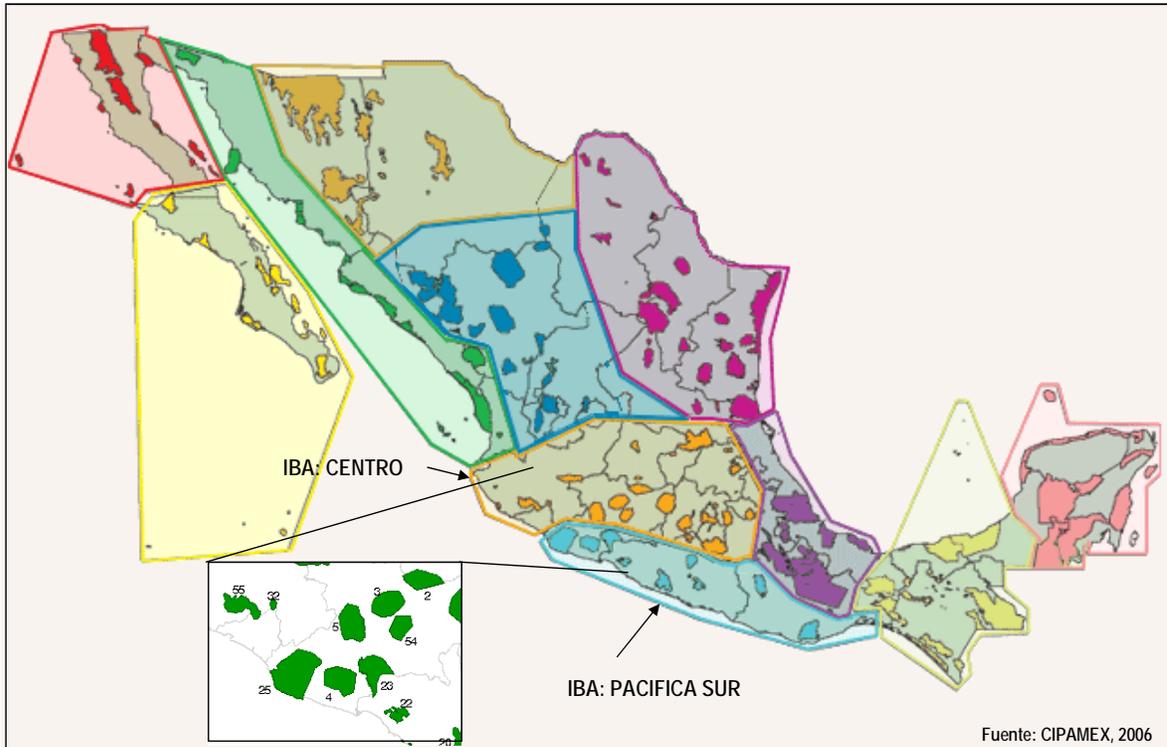


Fig. 6 Ubicación de las AICAS en la República Mexicana.

Las especies de la AICA se presentan en el siguiente cuadro, junto con su estatus de conservación:

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para la Ampliación de la superficie de explotación de la “Mina Aquila”, Aquila, Michoacán.

Tabla 36. Especies avifaunísticas y tipo de estatus de acuerdo con la NOM-059-SEMARNT-2001 de la Zona de estudio del Proyecto de la Mina Aquila.

ESPECIE	NOMBRE COMUN	NOM-059-SEMARNAT-2001
<i>Dendroica graciae</i>	Chipe ceja amarilla	
<i>Dendroica occidentalis</i>	Chipe cabeza amarilla	
<i>Dendroica petechia</i>	Chipe amarillo	
<i>Accipiter striatus</i>	Gavilan pecho rufo	Pr
<i>Actitis macularia</i>	Playero alzacolita	
<i>Aimophila rufescens</i>	Zacatonero rojizo	
<i>Aimophila ruficauda</i>	Zacatonero corona rayada	
<i>Ajaja ajaja</i>	Espátula rosada	
<i>Amazilia beryllina</i>	Colibrí berilo	
<i>Amazilia rutila</i>	Colibrí canela	
<i>Amazilia violiceps</i>	Colibrí cabeza violeta	
<i>Amazona albifrons</i>	Loro frente blanca	
<i>Amazona finschi</i>	Loro corona lila	A
<i>Amazona oratrix</i>	Loro cabeza amarilla	P
<i>Anas clypeata</i>	Pato cucharón norteño	
<i>Anas discors</i>	Cerceta ala azul	
<i>Anhinga anhinga</i>	Anhinga americana	
<i>Ara militaris</i>	Guacamaya verde	P
<i>Aratinga canicularis</i>	Perico frente naranja	Pr
<i>Archilochus alexandri</i>	Colibrí barba negra	
<i>Ardea herodias</i>	Garza morena	
<i>Arremonops rufivirgatus</i>	Rascador olivaceo	
<i>Atlapetes pileatus</i>	Atlapetes gorra rufa	
<i>Atlapetes virenticeps</i>	Atlapetes rayas verdes	
<i>Atthis heloisa</i>	Zumbador mexicano	
<i>Attila spadiceus</i>	Atila	
<i>Aythya affinis</i>	Pato boludo menor	
<i>Aythya americana</i>	Pato cabeza roja	
<i>Aythya valisineria</i>	Pato coacoxtle	
<i>Basileuterus belli</i>	Chipe ceja dorada	
<i>Basileuterus rufifrons</i>	Chipe gorra rufa	
<i>Bubo virginianus</i>	Buho de Virginia	
<i>Bubo virginianus</i>	Buho de virginia	
<i>Bubulcus ibis</i>	Garza garrapatera	
<i>Buteo albonotatus</i>	Aguililla aura	Pr
<i>Buteo brachyurus</i>	Aguililla cola corta	
<i>Buteo jamaicensis</i>	Gavilan cola roja	
<i>Buteo magnirostris</i>	Aguililla caminera	
<i>Buteo nitidus</i>	Gavilan gris	
<i>Buteo swainsoni</i>	Aguililla de swainson	Pr
<i>Buteogallus anthracinus</i>	Aguililla negra menor	Pr
<i>Buteogallus urubitinga</i>	Aguililla negra mayor	Pr
<i>Butorides virescens</i>	Garceta verde	
<i>Cacicus melanicterus</i>	Cacique mexicano	

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para la Ampliación de la superficie de explotación de la “Mina Aquila”, Aquila, Michoacán.

ESPECIE	NOMBRE COMUN	NOM-059-SEMARNAT-2001
<i>Calidris minutilla</i>	Playero chichicuilete	
<i>Calocitta formosa</i>	Urraca hermosa cara-blanca	
<i>Campephilus guatemalensis</i>	Carpintero pico plata	Pr
<i>Campostoma imberbe</i>	Mosquero lampiño	
<i>Campylorhynchus gularis</i>	Matraca serrana	
<i>Campylorhynchus megalopterus</i>	Matraca barrada	
<i>Campylorhynchus rufinucha</i>	Matraca nuca rufa	
<i>Caprimulgus ridgwayi</i>	Tapacamino tu-cuchillo	
<i>Caprimulgus vociferus</i>	Tapacaminos cuerporruin	
<i>Caracara cheriway</i>	Caracara	
<i>Cardellina rubrifrons</i>	Chipe cara roja	
<i>Cardinalis cardinalis</i>	Cardenal rojo	
<i>Carduelis notata</i>	Jilguero encapuchado	
<i>Carduelis pinus</i>	Jilguero pinero	
<i>Carduelis psaltria</i>	Jilguero dominico	
<i>Carpodacus mexicanus</i>	Pinzon mexicano	
<i>Casmerodius albus</i>	Garza blanca	
<i>Cathartes aura</i>	Zopilote cabeza roja	
<i>Catharus aurantirostris</i>	Zorzal pico naranja	
<i>Catharus guttatus</i>	Zorzal cola rufa	
<i>Catharus occidentalis</i>	Zorzal mexicano	
<i>Catherpes mexicanus</i>	Chivirín barranqueño	
<i>Catoptrophorus semipalmatus</i>	Playero pihuhui	
<i>Certhia americana</i>	Trepador americano	
<i>Ceryle alcyon</i>	Martin pescador nortefío	
<i>Chaetura pelagica</i>	Vencejo de chimenea	
<i>Chaetura vauxi</i>	Vencejo de vaux	
<i>Charadrius collaris</i>	Chorlo de collar	
<i>Charadrius semipalmatus</i>	Chorlo semipalmeado	
<i>Charadrius vociferus</i>	Chorlo tildío	
<i>Charadrius wilsonia</i>	Chorlo pico grueso	
<i>Chlidonias niger</i>	Charrán negro	
<i>Chloroceryle amazona</i>	Martin pescador amazonico	
<i>Chloroceryle americana</i>	Martin pescador verde	
<i>Chlorostilbon canivetii</i>	Colibrí verde	
<i>Chondestes grammacus</i>	Gorrion arlequín	
<i>Chondrohierax uncinatus</i>	Gavilan Pico gancho	Pr
<i>Chordeiles acutipennis</i>	Chotacabras menor	
<i>Ciccaba virgata</i>	Búho café	
<i>Cochlearius cochlearius</i>	Garza cucharón	
<i>Colaptes auratus</i>	Carpintero de pechera	
<i>Colibri thalassinus</i>	Colibrí oreja violeta	
<i>Colinus virginianus</i>	Codomiz	
<i>Columba fasciata</i>	Paloma de collar	
<i>Columba flavirostris</i>	Paloma morada	
<i>Columbina inca</i>	Tórtola cola larga	

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para la Ampliación de la superficie de explotación de la “Mina Aquila”, Aquila, Michoacán.

ESPECIE	NOMBRE COMUN	NOM-059-SEMARNAT-2001
<i>Columbina passerina</i>	Tórtola coquita	
<i>Columbina talpacoti</i>	Tórtola rojiza	
<i>Contopus pertinax</i>	Pibí tengofrio	
<i>Contopus sordidulus</i>	Pibí occidental	
<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote cabeza negra	
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero pijuy	
<i>Cyanocitta stelleri</i>	Chara azul	
<i>Cyanocompsa parellina</i>	Colorin azul negro	
<i>Cyanocorax sanblasianus</i>	Chara de san Blas	
<i>Cyanocorax yncas</i>	Chara verde	
<i>Cyananthus latirostris</i>	Colibrí pico ancho	
<i>Dendrocygna autumnalis</i>	Pijije ala blanca	
<i>Dendroica coronata</i>	Chipe coronado	
<i>Diglossa baritula</i>	Picaflor canelo	
<i>Dryocopus lineatus</i>	Carpintero lineado	
<i>Egretta caerulea</i>	Garceta azul	
<i>Egretta thula</i>	Garceta pie dorado	
<i>Egretta tricolor</i>	Garceta tricolor	
<i>Empidonax affinis</i>	Mosquero pinero	
<i>Empidonax difficilis</i>	Mosquero californiano	
<i>Empidonax fulvifrons</i>	Mosquero pecho leonado	
<i>Empidonax hammondi</i>	Mosquero de Hammond	
<i>Empidonax minimus</i>	Mosquero minimo	
<i>Empidonax oberholseri</i>	Mosquero oscuro	
<i>Empidonax traillii</i>	Mosquero saucero	
<i>Ergaticus ruber</i>	Chipe rojo	
<i>Eudocimus albus</i>	Ibis blanco	
<i>Eugenes fulgens</i>	Colibrí magnifico	
<i>Euphonia affinis</i>	Eufonia garganta negra	
<i>Euphonia elegantissima</i>	Eufonia capucha azul	
<i>Falco columbarius</i>	Alcón esmerejón	
<i>Falco rufigularis</i>	Alcón enano	
<i>Falco sparverius</i>	Cernicalo	
<i>Fregata magnificens</i>	Fragata magnifica	
<i>Fulica americana</i>	Gallareta	
<i>Gallinago gallinago</i>	Agachona comun	
<i>Gallinula chloropus</i>	Gallineta frente roja	
<i>Geothlypis poliocephala</i>	Mascarita pico grueso	
<i>Geothlypis trichas</i>	Mascarita común	
<i>Glaucidium brasilianum</i>	Tecolote bajefío	
<i>Glaucidium gnoma</i>	Tecolote serrano	
<i>Granatellus venustus</i>	Granatelo mexicano	
<i>Guiraca caerulea</i>	Picogordo azul	
<i>Haematopus palliatus</i>	Ostrero americano	
<i>Helimaster constantii</i>	Colibrí picudo	
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	Halcón guaco	

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para la Ampliación de la superficie de explotación de la “Mina Aquila”, Aquila, Michoacán.

ESPECIE	NOMBRE COMUN	NOM-059-SEMARNAT-2001
<i>Heteroscelus incanus</i>	Playero vagabundo	
<i>Himantopus mexicanus</i>	Candelero americano	
<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina tijereta	
<i>Hylocharis leucotis</i>	Zafiro oreja blanca	
<i>Icteria virens</i>	Buscabreña	
<i>Icterus cucullatus</i>	Bolsero encapuchado	
<i>Icterus galbula</i>	Bolsero de Baltimore	
<i>Icterus graduacauda</i>	Bolsero cabeza negra	
<i>Icterus pustulatus</i>	Bolsero dorso rayado	
<i>Icterus spurius</i>	Bolsero castaño	
<i>Icterus wagleri</i>	Bolsero de Wagler	
<i>Ixobrychus exilis</i>	Avetoro mínimo	
<i>Jacana spinosa</i>	Jacana norteña	
<i>Jacana spinosa</i>	Jacana norteña	
<i>Junco phaeonotus</i>	Junco ojo de lumbre	
<i>Lampornis amethystinus</i>	Colibrí garganta amatista	
<i>Larus argentatus</i>	Gaviota plateada	
<i>Larus atricilla</i>	Gaviota reidora	
<i>Lepidocolaptes leucogaster</i>	Trepatroncos escarchado	
<i>Leptotila verreauxi</i>	Paloma arroyera	
<i>Limnodromus scolopaceus</i>	Costurero pico largo	
<i>Limosa fedoa</i>	Picopando canelo	
<i>Loxia curvirostra</i>	Picotuerto rojo	
<i>Melanerpes chrysogenys</i>	Carpintero ojinegro	
<i>Melanerpes formicivorus</i>	Carpintero bellotero	
<i>Melanotis caerulescens</i>	Mulato azul	
<i>Melospiza lincolni</i>	Gorrión de lincoln	
<i>Melospiza kieneri</i>	Rascador nuca rufa	
<i>Micrastur semitorquatus</i>	Alcón selvático barrado	Pr
<i>Mitrephanes phaeocercus</i>	Mosquero copeton	
<i>Mniotilta varia agna</i>	Chipe trepador	
<i>Molothrus aeneus</i>	Tordo ojo rojo	
<i>Molothrus ater</i>	Tordo cabeza café	
<i>Momotus mexicanus</i>	Momoto corona café	
<i>Morococcyx erythropygus</i>	Cuculillo terrestre	
<i>Myadestes occidentalis</i>	Clarín jilguero	Pr
<i>Mycteria americana</i>	Cigüeña americana	Pr
<i>Myiarchus cinerascens</i>	Papamoscas cenizo	
<i>Myiarchus nuttingi</i>	Papamoscas de nutting	
<i>Myiarchus tuberculifer</i>	Papamoscas triste	
<i>Myiarchus tyrannulus</i>	Papamoscas tyrano	
<i>Myioborus miniatus</i>	Chipe de montaña	
<i>Myioborus pictus</i>	Chipe ala blanca	
<i>Myiodynastes luteiventris</i>	Papamoscas atigrado	
<i>Myiopagis viridicata</i>	Elenia vercosa	
<i>Myiozetetes similis</i>	Luis gregario	

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para la Ampliación de la superficie de explotación de la “Mina Aquila”, Aquila, Michoacán.

ESPECIE	NOMBRE COMUN	NOM-059-SEMARNAT-2001
<i>Numenius americanus</i>	Zarapito pico largo	
<i>Numenius phaeopus</i>	Zarapito trinador	
<i>Nyctanassa violacea</i>	Pedrete corona clara	
<i>Nycticorax nycticorax</i>	Pedrete corona negra	
<i>Nyctidromus albicollis</i>	Chotacabras pauraque	
<i>Oceanodroma melania</i>	Paiño negro	A
<i>Oceanodroma microsoma</i>	Paiño mínimo	A
<i>Oporornis tolmiei</i>	Chipe de Tolmie	
<i>Ortalis poliocephala</i>	Chachalaca	
<i>Otus asio</i>	Tecolote arial	Pr
<i>Otus flammeolus</i>	Tecolote ojo oscuro	
<i>Otus guatemalae</i>	Tecolote vermiculado	
<i>Otus guatemalae</i>	Tecolote vermiculado	
<i>Otus trichopsis</i>	Tecolote ritmico	
<i>Otus trichopsis</i>	Tecolote ritmico	
<i>Oxyura jamaicensis</i>	Pato tepalcate	
<i>Pachyramphus aglaiae</i>	Mosquero cabezon degollado	
<i>Pachyramphus major</i>	Mosquero cabezón mexicano	
<i>Pandion haliaetus</i>	Gavilan pescador	
<i>Parula pitiayumi</i>	Parula tropical	
<i>Parula superciliosa</i>	Parula ceja blanca	
<i>Parus wollweberi</i>	Carbonero embreado	
<i>Passer domesticus</i>	Gorrion domestico	
<i>Passerina ciris</i>	Gorrion siete colores	
<i>Passerina leclancherii</i>	Gorrion pecho naranja	
<i>Passerina versicolor</i>	Colorin morado	
<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	Pelicano café	
<i>Pelecanus occidentales</i>	Pelicano blanco	
<i>Peucedramus taeniatus</i>	Ocotero enmascarado	
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Cormorán oliváceo	
<i>Phalaropus fulicaria</i>	Falaropo pico grueso	
<i>Phalaropus lobatus</i>	Falaropo cuello rojo	
<i>Pheucticus melanocephalus</i>	Picogordo tigrillo	
<i>Philortyx fasciatus</i>	Codomiz rayada	
<i>Piaya cayana</i>	Cuco ardilla	
<i>Picoides scalaris</i>	Carpintero mexicano	
<i>Picoides stricklandi</i>	Carpintero de Strickland	Pr
<i>Pipilo fuscus</i>	Toquí pardo	
<i>Pipilo ocai</i>	Toquí de collar	
<i>Piranga bidentata</i>	Tángara dorso rayado	
<i>Piranga erythrocephala</i>	Tángara cabeza roja	
<i>Piranga flava</i>	Tángara encinera	
<i>Piranga ludoviciana</i>	Tángara capucha roja	
<i>Piranga rubra</i>	Tángara roja	
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Luis bienteveo	
<i>Pluvialis squatarola</i>	Chorlo gris	

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para la Ampliación de la superficie de explotación de la “Mina Aquila”, Aquila, Michoacán.

ESPECIE	NOMBRE COMUN	NOM-059-SEMARNAT-2001
<i>Podiceps nigricollis</i>	Zambullidor orejudo	
<i>Polioptila albiloris</i>	Perlita pispirria	
<i>Polioptila caerulea</i>	Perlita azulgris	
<i>Porzana carolina</i>	Polluela sora	
<i>Progne chalybea</i>	Golondrina acerada	
<i>Psaltriparus minimus</i>	Sastrecillo	
<i>Ptilogonys cinereus</i>	Capulnero gris	
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Cardenalito	
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate mexicano	
<i>Recurvirostra americana</i>	Avoceta americana	
<i>Regulus calendula</i>	Reyezuelo de rojo	
<i>Rhodocichla schistacea</i>	Tangara cuitlacoche	
<i>Rynchops niger</i>	Rayador americano	
<i>Saltator coerulescens</i>	Picurero grisáceo	
<i>Sayornis saya</i>	Papamoscas llanero	
<i>Seiurus aurocapillus</i>	Chipe suelero	
<i>Seiurus motacilla</i>	Chipe arrojero	
<i>Selasphorus platycercus</i>	Zumbador cola ancha	
<i>Selasphorus rufus</i>	Colibrí rojo	
<i>Setophaga ruticilla</i>	Chipe flameante	
<i>Sialia sialis</i>	Azulejo garganta canela	
<i>Sitta carolinensis</i>	Sita pecho blanco	
<i>Sitta pygmaea</i>	Sita enana	
<i>Spizella passerina</i>	Gorrion ceja blanca	
<i>Sporophila torqueola</i>	Semillero de collar	
<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	Golondrina ala acerrada	
<i>Stercorarius pomarinus</i>	Salteador pomarimo	
<i>Sterna antillarum</i>	Charrán mínimo	Pr
<i>Sterna caspia</i>	Charrán caspia	
<i>Sterna elegans</i>	Charrán elegante	Pr
<i>Sterna forsteri</i>	Charrán de forster	
<i>Sterna hirundo</i>	Charrán común	
<i>Sterna maxima</i>	Charrán real	
<i>Sterna paradisaea</i>	Charrán artico	
<i>Sturnella magna</i>	Pradero tortilla con chile	
<i>Sula leucogaster</i>	Bobo café	
<i>Tachycineta thalassina</i>	Golondrina verde mar	
<i>Thryothorus felix</i>	Chivirín feliz	
<i>Thryothorus sinaloa</i>	Chivirín sinaloense	
<i>Tilmatura dupontii</i>	Colibrí cola pinta	A
<i>Tityra semifasciata</i>	Tityra enmascarada	
<i>Toxostoma curvirostre</i>	Cuitlacoche pico curvo	
<i>Tringa flavipes</i>	Pata amarilla menor	
<i>Tringa melanoleuca</i>	Pata amarilla mayor	
<i>Tringa solitaria</i>	Playero solitario	
<i>Troglodytes aedon</i>	Chivirín saltapared	

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para la Ampliación de la superficie de explotación de la “Mina Aquila”, Aquila, Michoacán.

ESPECIE	NOMBRE COMUN	NOM-059-SEMARNAT-2001
<i>Trogon citreolus</i>	Trogon citrino	
<i>Trogon elegans</i>	Trogon elegante	
<i>Trogon mexicanus</i>	Trogon mexicano	
<i>Turdus assimilis</i>	Mirlo garganta blanca	
<i>Turdus migratorius</i>	Mirlo primavera	
<i>Turdus rufopalliatus</i>	Mirlo dorso rufo	
<i>Tyrannus crassirostris</i>	Tirano pico grueso	
<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano tropical	
<i>Tyrannus verticalis</i>	Tirano palido	
<i>Tyrannus vociferans</i>	Tirano griton	
<i>Tyto alba</i>	Lechuza de campanario	
<i>Uropsila leucogastra</i>	Chivirín vientre blanco	
<i>Vermivora celata</i>	Chipe corona naranja	
<i>Vermivora luciae</i>	Chipe rabadilla rufa	
<i>Vermivora ruficapilla</i>	Chipe de coronilla	
<i>Vireo bellii</i>	Vireo de Bell	
<i>Vireo gilvus</i>	Vireo gorjeador	
<i>Vireo huttoni</i>	Vireo reyezuelo	
<i>Vireo hypochryseus</i>	Vireo dorado	
<i>Vireo olivaceus</i>	Vireo ojo rojo	
<i>Vireo solitarius</i>	Vireo anteojillo	
<i>Vireolanius melitophrys</i>	Vireón pecho castaño	
<i>Volatinia jacarina</i>	Semillero brincador	
<i>Wilsonia citrina</i>	Chipe encapuchado	
<i>Wilsonia pusilla</i>	Chipe corona negra	
<i>Xiphorhynchus flavigaster</i>	Trepatroncos bigotudo	
<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma ala blanca	
<i>Zenaida macroura</i>	Torcaza	

Zonas de reproducción:

Las zonas de reproducción de las especies en el predio, corresponden a las zonas con vegetación con un buen grado de conservación, o menos perturbadas, así como las cañadas formadas por los ríos El Chafre, en la parte norte y occidente, así como el de La Abuela en la parte oriente y sur donde cambie de nombre, recibiendo el nombre de Río Tenamxtles, que posteriormente vierte sus aguas en el Río Aquila, donde el predominio de las actividades agrícolas, pecuarias y urbanas han eliminado toda la cobertura vegetal, desapareciendo la fauna silvestre.

Esta zonas no sólo tienen importancia para la reproducción de la fauna silvestre, sino que en las condiciones actuales de perturbación de las vegetaciones del área cobran vital importancia para la protección, alimentación y descanso que proporcionan a la misma debido a su composición florística y estructura.

Cabe mencionar que a pesar de las actividades cotidianas de la Mina Aquila, se tiene una fauna diversa, compuesta de aves, pequeños mamíferos y reptiles. En caso contrario, la fauna de mamíferos mayores y carnívoros ha ido migrando y movilizándose sus poblaciones hacia zonas donde la conservación les permite un mayor número de refugios y donde la presencia humana es prácticamente inexistente.

ESPECIES DE INTERÉS CINEGÉTICO

Diversos acuerdos cinegéticos contemplan en el área y la zona como especies cinegéticas autorizadas a las siguientes:

Tabla 37. Especies faunísticas de interés cinegético de la Zona de estudio del Proyecto de la Mina Aquila.

TIPO DE PERMISO	ÉPOCA HÁBIL DE CACERÍA
PALOMAS	
Paloma alas blancas	30 de Nov. - 25 de Feb.
Paloma de collar	24 de Nov. - 25 de Feb.
Paloma huilota	03 de Nov. - 25 de Feb.
OTRAS AVES	
Codorniz común	02 de Feb. - 14 de Abr.
Chachalaca	17 de Nov. - 14 de Ene.
PEQUEÑOS MAMÍFEROS	
Ardilla	27 de Oct. - 17 de Mar.
Armadillo	20 de Oct. - 21 de Ene.
Conejo	03 de Nov. - 14 de Abr.
Coyote	24 de Nov. - 07 de Ene.
Mapache	27 de Oct. - 11 de Feb.
Tejon	27 de Oct. - 11 de Feb.
Tlacuache	27 de Oct. - 11 de Feb.
LIMITADOS	
Jabalí de collar	17 de Nov. - 31 de Dic.
Venado cola blanca	15 de Dic. - 28 de Ene.
Zorra gris	17 de Nov. - 31 de Dic.

IV.2.3 Paisaje

IV.2.3.1 Valor del paisaje en el sitio del proyecto.

El término paisaje ha sido empleado a lo largo de la historia con muy diversos significados, tales como: naturaleza, territorio, área geográfica, medio ambiente, sistema de subsistemas, recurso natural, hábitat, escenario, ambiente cotidiano, entorno de un punto, pero ante todo y en todos los casos el paisaje es manifestación externa, imagen, indicador o la expresión sintética de los procesos formadores o del conjunto de acciones que provocan su deterioro, en algún lugar del territorio, ya sea que correspondan al ámbito natural o al humano. Como fuente de información, el paisaje se hace objeto de interpretación: el hombre establece su relación con el paisaje como receptor de información y analiza, desde un punto de vista científico o lo experimenta emocionalmente.

Hay dos aspectos en el estudio del paisaje: el denominado paisaje total, que identifica al paisaje con los factores ambientales que ejercen su influencia en el medio, y el paisaje visual, cuya consideración corresponde más al enfoque estético o perceptual, el enlace entre ambos es evidente: en los dos casos el paisaje surge como manifestación externa del territorio pero es interpretada de forma diferente. Mientras que en el primero el interés se centra en la importancia del paisaje como indicador o fuente de información sintética de la evolución ecológica del territorio, en el segundo se concreta lo que el observador es capaz de percibir de ese sitio.

Se puede definir al paisaje como el resultado de la combinación espacial y temporal de geomorfología, clima, flora y fauna, hidrología y de la incidencia de las alteraciones o procesos de tipo natural y las modificaciones antrópicas, donde se incluyen todo el conjunto de actividades productivas, extractivas y de servicios.

La consideración global de los atributos del paisaje y de sus relaciones recíprocas enlaza con la visión ecológica del territorio como sistema integral (paisaje total), manifestación externa, transparente, del territorio, y constituye también el objetivo percibido y observado estudiado en el paisaje que se ha llamado paisaje visual o percibido.

El mayor aprecio del paisaje proviene de su consideración simultánea como: cualidad del espacio vivido, elemento del medio ambiente, manifestación territorializada de la cultura y recurso valorable económicamente para la localización de actividades productivas y socioeconómicas.

Además, la literatura ha insistido en señalar que el paisaje es también memoria individual y colectiva. Los paisajes que amamos forman parte de nuestra experiencia personal, sus

valores nos han sido transmitidos por los medios habituales de la enseñanza y de la formación de la sensibilidad hacia la naturaleza y la cultura.

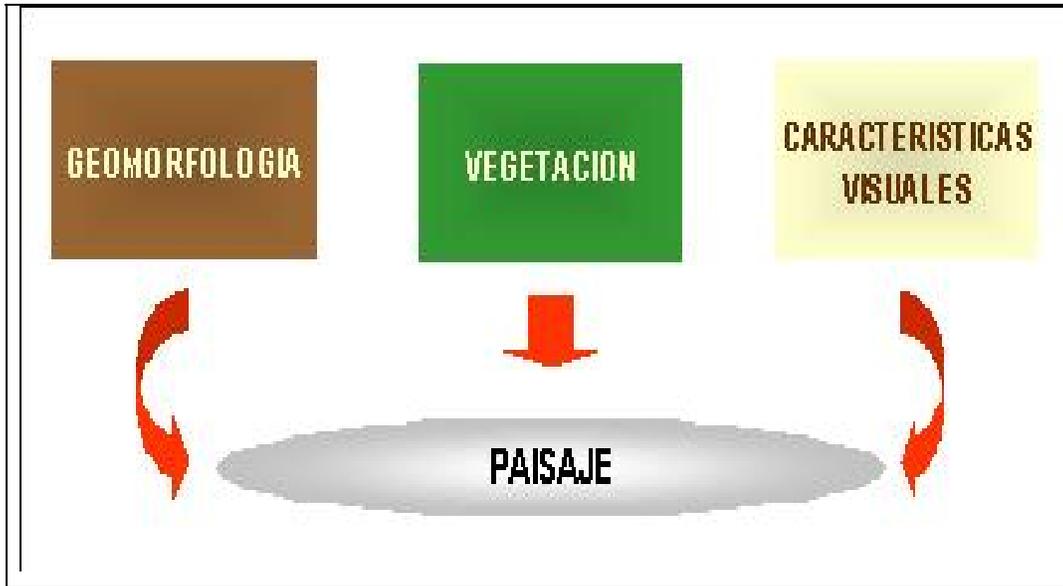
En el origen y evolución de los paisajes se pueden reconocer dos tipos de fuerzas, unas que serían las constructoras y las otras que serían las destructoras. Entre las primeras se pueden mencionar las fuerzas internas de la tierra que levantan continentes, elevan cordilleras y pliegan o fracturan la corteza. Estas elevaciones se ven sometidas a los procesos modeladores producidos por el agua (en alguno de sus estados), el clima (precipitaciones, vientos, etc.), que ayudados por la fuerza de gravedad, transforman los relieves hasta convertirlos en llanuras.

Como se puede apreciar, el relieve constituye la base sobre la que actúan otros componentes del paisaje como: cubierta vegetal, presencia del agua, actividad humana, entre otros aspectos, diferencian el paisaje frente a otros de relieves similares, a la vez que contribuyen a su transformación.

Un importante agente modificador del paisaje es el hombre, quien es responsable de muchas desviaciones respecto al ciclo natural de formación de los paisajes, a veces con consecuencias desastrosas para la propia humanidad, por ejemplo, la tala indiscriminada de un bosque ubicado sobre una ladera de un cerro de suelo inestable.

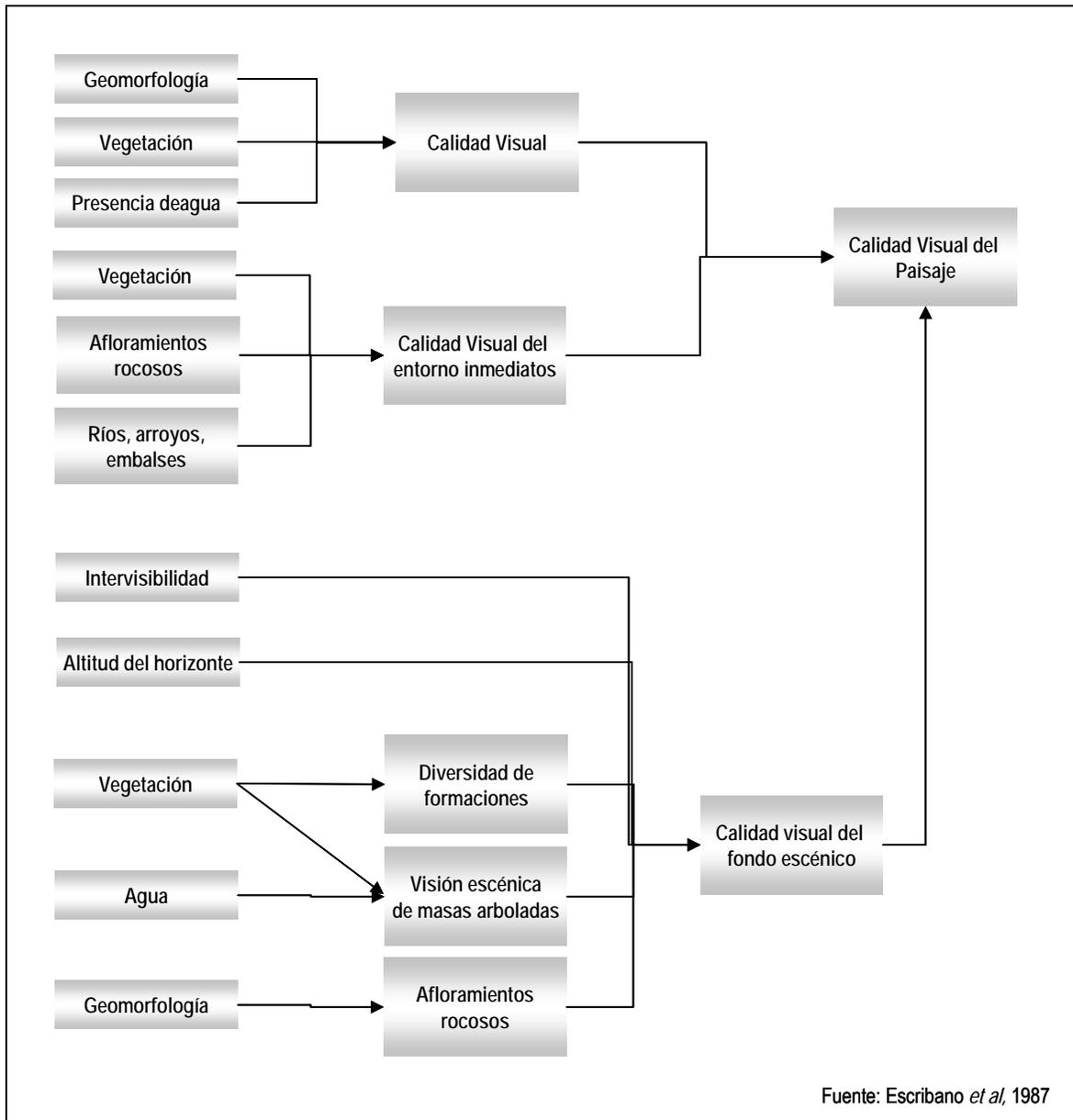
Para la valoración del paisaje se utilizó la metodología de valoración directa a través de categorías estéticas manejada por: González Alonso Santiago et al, (1983), quienes indican su aplicación por el U.S.D.A. Forest Service y el Bureau of Land Management (BLM) de Estados Unidos; en combinación con la identificación y descripción del paisaje total de acuerdo con Escribano *et al.*

Dichas metodologías fueron utilizadas, toda vez que son accesibles y manejables por un grupo multidisciplinario, con la combinación de dichas metodologías se permite la agilidad del proceso de valoración y que el equipo de trabajo en campo coincida en sus apreciaciones en el lugar del escenario a valorar. Los componentes del modelo general del paisaje de la figura anterior se sintetizan en la figura siguiente:



Componentes del Modelo general del Paisaje

Modelo General de Calidad del Paisaje



Síntesis de los componentes del modelo de paisaje.

El estudio del paisaje se basa en la interpretación y explicación de lo que una persona ve, principalmente caracterizado por los elementos que pueden ser percibidos por el observador (vegetación, relieve, corrientes de agua, rocas expuestas, etc.); Asimismo se puede considerar al paisaje como un recurso natural que tiene una consideración especial dentro de la valoración ambiental cuando está en función de los proyectos de desarrollo.

La valoración del paisaje incorpora a los recursos naturales y actividades antrópicas, con ello esta valoración se hace a través de la calidad y la fragilidad.

Calidad Visual

La calidad visual se refiere a la valoración del atractivo visual, y se ha establecido como un recurso básico, tratado como parte esencial, recibiendo igual consideración que los demás recursos del medio físico, además es valorado en términos comparables al resto de los recursos. La percepción del paisaje es una acción de interpretación por parte del observador donde además del problema perceptivo surge una nueva complicación: la adjudicación posterior de un valor. Una vez que el evaluador ha percibido el escenario el proceso de evaluación le exige realizar una ponderación de los componentes de la escenografía ambiental que puede resultar subjetiva y diferente de un segundo evaluador, por ello se toma en consideración que la calidad visual del paisaje tiene interés para adoptar alternativas de uso o cuando se necesitan cánones de comparación.

Ahora bien todo intento de evaluar la calidad paisajística de un espacio debe asumir la existencia de posturas subjetivas. Pero siempre se debe tratar de objetivizar lo que se ve con la finalidad de marcar aspectos que permitan comparar situaciones distintas, por ejemplo, comparar situación sin proyecto y con proyecto.

La visualización de un paisaje incluye tres elementos de percepción:

- La calidad visual intrínseca, que son las características del punto donde se encuentra el observador.
- La calidad visual del entorno inmediato, que son las vistas directas del entorno.
- La calidad del fondo escénico, entendido como el conjunto que constituye el fondo visual de cada punto del territorio.

Existen tres tipos de métodos para determinar la calidad visual: (MOPT, 1996)

- **Métodos directos**, que se obtienen mediante la observación del paisaje en su totalidad o de una cuenca visual específica.
- **Métodos indirectos**: en este grupo se encuentra el mayor número de métodos que son cualitativos como cuantitativos y que evalúan a través de los siguientes:
- **Métodos mixtos**: estos métodos intentan combinar los métodos anteriores, maximizando sus ventajas y minimizando sus desventajas. Estos se basan en que la valoración se debe hacer en forma directa, pero utilizando la desagregación de sus

componentes. Al aplicar estos métodos se generan suficientes datos que pueden anticipar repercusiones sobre el medio.

Para evaluar la calidad visual se trabaja a través de la Valoración de los atributos del paisaje, basados en sus características intrínsecas:

Preferencia del espectador: Aceptación del observador por el sitio debido a elementos de belleza o atracción, el cual puede ser muy bajo, bajo, moderado, alto o muy alto.

Complejidad ecológica: Dimensión de la trama de interacción ecosistémicas desarrollados en una unidad de paisaje, el cual puede ser muy bajo, bajo, moderado, alto o muy alto.

Rareza: Frecuencia con que un paisaje es observado en la zona de estudio, puede ser común, frecuente, raro, único o excepcional.

Número de Paisajes por unidad (fragmentación): En una unidad de observación se presentan diversas discontinuidades que fracción al ecosistema, el cual puede ser muy bajo, bajo, moderado, alto o muy alto.

Topografía y Geomorfología (Grado de visibilidad): El tipo de geoformas dotan a la visual de diferentes amplitudes de visión, así en las planicies se tiene una panorámica local del sitio, contrario a un relieve ondulado que puede ocultar o disminuir la panorámica, los ejemplos son: Fondo de valle o llanura baja; cañadas, Lomeríos suaves y Lomeríos moderados (Moderado); Laderas de sierra y Zonas montañosas altas.

Fragilidad Visual

La fragilidad visual es un concepto de vulnerabilidad visual que se refiere a la aptitud que tiene un paisaje de absorber visiblemente modificaciones o alteraciones sin detrimento de su calidad visual, esto es a mayor fragilidad menor capacidad de absorción en los cambios; nuevamente para homogenizar criterios de subjetividad y ponderación se definen la **Fragilidad visual** como la susceptibilidad de un paisaje al cambio cuando se desarrolla un uso sobre de él.

Factores Intrínsecos

Altura de la vegetación: se refiere a la capacidad de la vegetación de ocultar un cambio en el paisaje debido a que el tamaño y abundancia de la vegetación, le sirve de pantalla al observador para identificar lo que hay detrás de la masa vegetativa.

Topografía y pendiente (grado de visibilidad): Las pendientes determinan la topografía misma que facilita u obstruye la visual para identificar elementos ahí integrados; pendientes de 5% tienen una muy baja fragilidad ya que el escenario se oculta en el horizonte; no así en pendientes superiores por ejemplo entre 5% y 15% la fragilidad es baja ya que disminuye la posibilidad de que el cambio se pierda en el horizonte; de 15 a 30% Moderada; de 30 a 45% alta; y más 45% muy alta.

Complejidad: la gama de procesos ecológicos que se desarrollan en un sitio se determinan visualmente por la composición de los elementos bióticos y abióticos, ello mismo determinan el grado de complejidad ecosistémica en un sitio.

Factores extrínsecos

Accesibilidad: disponibilidad de un observador para llegar a un sitio y hacer una observación de la panorámica.

Elementos de influencia: El paisaje puede estar constituido por elementos ajenos a la naturaleza del sitio, como son: carreteras, núcleos urbanos, torres de energía eléctrica, infraestructura urbana, etc.

Para realizar la valoración del paisaje se requirió de conocer las actividades que comprende la realización del proyecto: Diseño, organización espacial, formas, dimensiones, características de construcción y operación, actividades complementarias durante cada una de las fases; revisión bibliográfica y cartográfica de los temas que comprenden las unidades físicas y bióticas: geomorfología, vegetación, edafología, hidrología, geología, usos de suelo, influencia humana, urbanización valores de conservación e histórico - culturales mismos que se verificaron durante todos los recorridos en campo realizados.

Durante la evaluación del paisaje se tomaron diversas expresiones e información de los sitios visitados, formatos de campo e imágenes respectivas, presentes en el anexo 26.

En el sitio se identificaron las coordenadas geográficas así como el área de afectación o susceptible de modificación potencial, de acuerdo a la estructura del paisaje ambiental, posteriormente fueron identificados los atributos del paisaje que pudieran ser afectados por las actividades del proyecto y se simuló un contraste visual de la siguiente manera:

1. Toma de fotografías en cada sitio seleccionado la cual muestra la imagen del escenario sin la presencia del proyecto.

2. Registro de elementos del paisaje en formato de campo.
3. Manejo de imágenes en gabinete.

Los criterios para la evaluación de la calidad escénica se presentan en el cuadro siguiente, donde los atributos considerados están justificados en su operación por el U.S.D.A. Forest Service y el Bureau of Land Management (BLM) de Estados Unidos y para la valoración final se toma de la misma metodología los niveles de sensibilidad de acuerdo con la sumatoria de ponderación como se muestra en el cuadro de Valoración al paisaje.

Con las metodologías utilizadas se observó que la Zona de Estudio de la Mina Aquila presenta tres unidades paisajísticas, ellas se distribuyen de manera más o menos definida:

- 1) Sierra. Esta unidad paisajística domina toda la región, y esta conformada por numerosas elevaciones, como resultado de los diferentes eventos volcánicos que han tenido lugar en toda la región y que hacen al área de ampliación de la zona de explotación de la Mina Aquila, el sitio que presenta el yacimiento de interés.
- 2) Cañadas estrechas, donde se presentan todas las corrientes hidrológicas de la región, como son los arroyos La Abuela, Chafre y Tenamaxtles, así como el Río Aquila, que hacia la zona cercana al poblado de Aquila ha conformado valles aluviales y zonas de inundación en ambas márgenes, que se amplían a medida que se alejan de la serranía.
- 3) Zonas de pie de monte, conformadas por laderas bajas de pendiente más suaves donde se desarrolla la agricultura de temporal y las pastizales para una ganadería extensiva, conformado por el pie de monte de las partes altas y comportándose como zonas receptoras de materiales aluviales, que son aportados por la erosión hídrica y eólica.

Las unidades mencionadas son las que determinan y definen el fondo escénico natural, sin olvidar que se debe considerar también los poblados aislados insertados en diferentes localidades de la sierra.

Ponderación para la Evaluación de la Calidad Escénica.

Ponderación	5	3	1
Morfología	Relieve muy montañosos, marcado y prominente (acantilados, agujas ígneas, grandes formaciones rocosas); o bien relieve de gran Variedad superficial o muy erosionado o sistema de dunas; o presencia de algún rasgo muy singular y dominante (glaciares)	Formas erosivas interesantes o relieve variado en tamaño y forma. Presencia de formas y detalles interesantes pero no dominantes o excepcionales	Colinas suaves, fondos de valle planos, pocos o ningún detalle singular
Ponderación	5	3	1
Vegetación	Gran variedad de tipos de vegetación, con formas, texturas y distribución interesantes	Algunas variedades en la vegetación, pero solo uno o dos tipos	Poca o ninguna variedad o contraste en la vegetación
Ponderación	5	3	0
Hidrología	Factor dominante en el paisaje; apariencia limpia y clara, aguas blancas (rápidos y cascadas) o laminas de agua en reposo	Agua en movimiento o en reposo pero no dominante en el paisaje	Ausente o inapreciable
Ponderación	5	3	1
Color	Combinaciones De color intensa y variada, o contrastes agradables entresuelo, vegetación, roca, agua y nieve.	Alguna variedad e intensidad en los colores y contraste del suelo, roca y vegetación, pero no actúa como elemento dominante.	Muy poca variación de color o contrastes, colores apagados.
Ponderación	5	3	0
Fondo escénico	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual del conjunto	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto
Ponderación	6	2	1
Rareza	Único o poco común, o muy raro en la región, posibilidad real de contemplar fauna y vegetación de manera excepcional	Característico, aunque similar a otros en la región	Bastante común en la región
Ponderación	2	1	0
Actividades humanas	Libre de actividades estéticamente indeseadas o con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual.	L calidad escénica está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en una totalidad, o las actuaciones no añaden calidad visual.	Modificaciones intensas y extensas, que reducen o anulan la calidad escénica.

Fuente: González Alonso Santiago et al, (1983)

A continuación se muestran las diferentes unidades paisajísticas evaluadas para la zona de influencia de la Mina Aquila.

A) Sierra. Esta unidad paisajística domina toda la región, y esta conformada por numerosas elevaciones, como resultado de los diferentes eventos volcánicos que han tenido lugar en toda la región y que hacen al área de ampliación de la zona de explotación de la Mina Aquila, el sitio que presenta el yacimiento de interés. Tiene varios usos del suelo, destacando el pastizal inducido aún sobre pendientes fuertes, agricultura de temporal en parcelas muy reducidas, y manchones de vegetación natural, de carácter secundario. El paisaje se muestra como una matriz de usos agropecuarios, con parches aislados de vegetación natural y corredores estrechos entre las cañadas que se conforman como las partes bajas de las diferentes formaciones cerriles.

Las condiciones de la sierra pueden ser divididas en dos porciones, la primera ubicada en las partes más altas de las distintas elevaciones, conformando una consolidada matriz de vegetación primaria, donde los indicios de perturbación se reducen al aprovechamiento local para la extracción de madera, cacería furtiva y recolección de plantas y frutos, por lo cual se encuentra en un alto grado de conservación. Su estatus ecológico es la condición clímax y tendencia es hacia la conservación

Por el contrario, y en las partes medias, sobre pendientes moderadas, se ha eliminado la vegetación original para dar paso a la agricultura de temporal y al pastizal extensivo, mostrando una tendencia hacia la degradación progresiva, dando como resultado una matriz de actividades agropecuarias y manchones de vegetación secundarias, aislados y dispersos y estrechos corredores de vegetación de galería, muy limitados por la ausencia de vegetación con una mayor desarrollo. Su estatus ecológico es una condición degradada y su tendencia es hacia un incremento de la degradación progresiva.







Las imágenes muestran panorámicas de las condiciones de la Sierra Madre del Sur y su grado de cobertura vegetal, así como la presión de las actividades agropecuarias.

B) Cañadas estrechas, donde se presentan todas las corrientes hidrológicas de la región, como son los arroyos La Abuela, Chafre y Tenamxtles, así como el Río Aquila, que hacia la zona cercana al poblado de Aquila ha conformado valles aluviales y zonas de inundación en ambos márgenes, que se amplían a medida que se alejan de la serranía. Se trata de corredores biológicos que se enriquecen con la presencia de elementos de la selva media, del bosque de galería e incluso en las paredes de las cañadas con elementos del matorral xerófilo, dado que el sustrato y la posición topográfica no favorecen los contenidos de humedad en el suelo. Para el paisaje se trata de un corredor biológico, que al alcanzar las amplias planicies el uso del suelo inmediatamente se transforma en pecuario y agrícola de temporal. De esta forma en el Área de estudio predomina el corredor biológico y en las cercanías del poblado de Aquila, predomina el uso pecuario y agrícola. En la primera sección las condiciones biológicas, edáficas, geológicas e hidrológicas presentan un alto grado de conservación, donde solo el camino de terracería que existe desde hace mucho tiempo, es el único signo visible de perturbación antrópica. Su estatus ecológico es la condición clímax y muestra una tendencia hacia la conservación

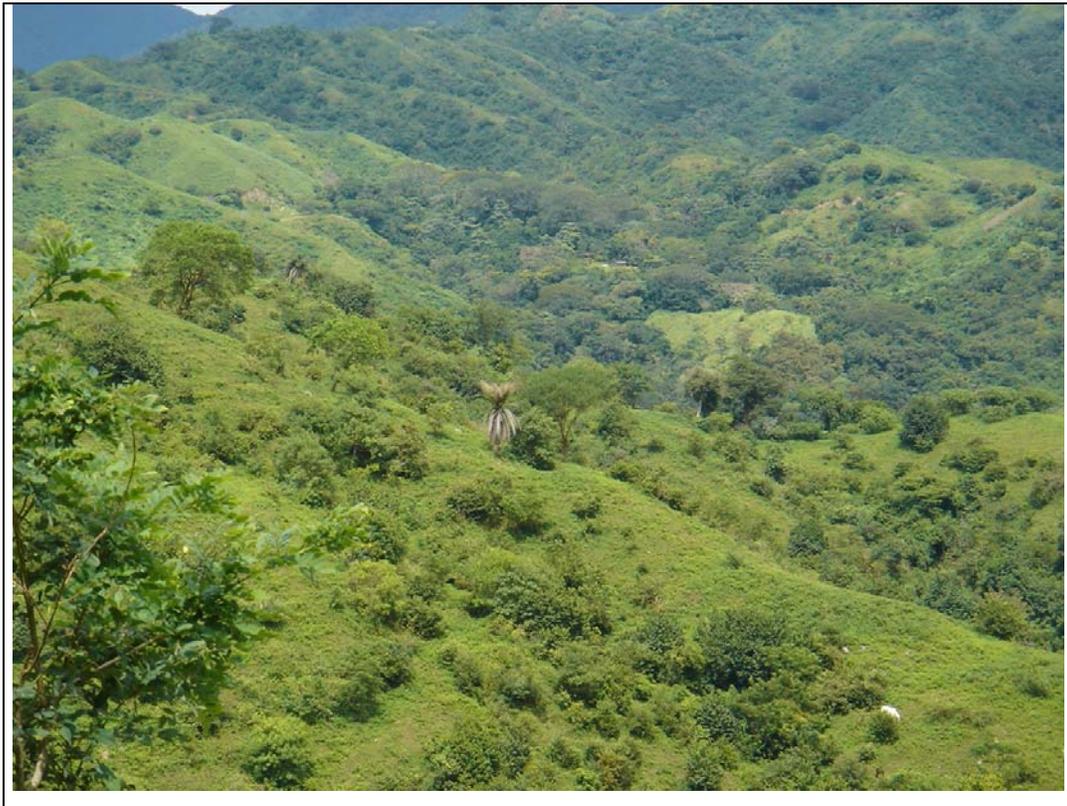
Por el contrario en la segunda parte la perturbación es mayor y prácticamente los elementos bióticos han desaparecido, para dar paso a las actividades agropecuarias. Su estatus ecológico es una condición degradada y muestra una tendencia hacia la degradación progresiva.

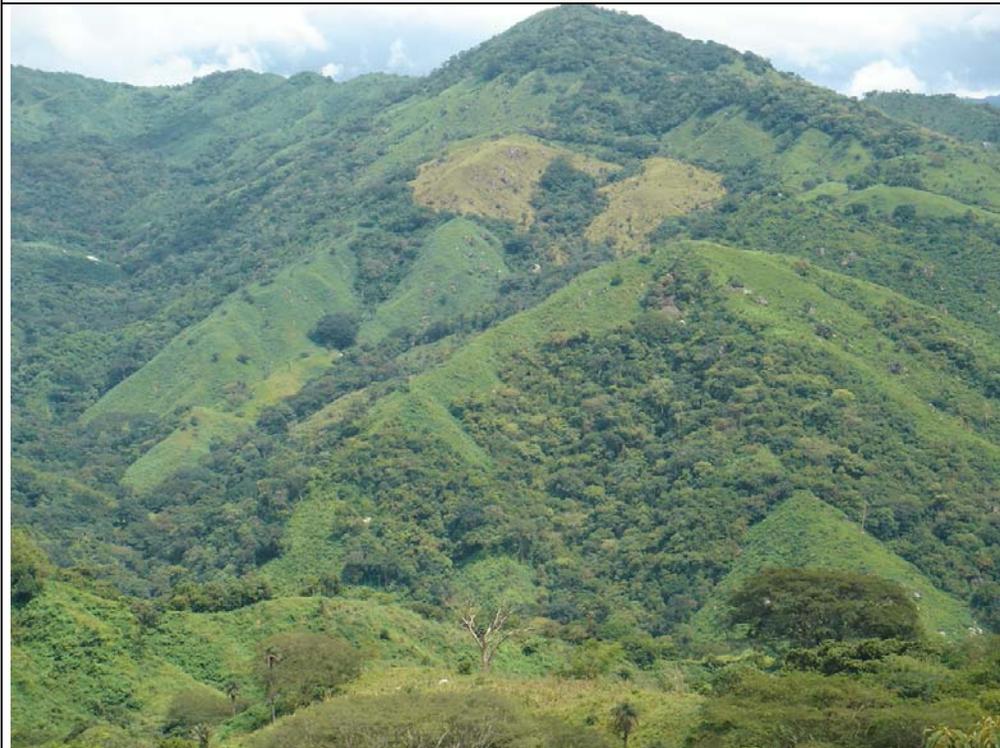




Fotografías de la cañada del Arroyo Los Tenamaxtles, y su confluencia con el Río Aquila, donde el valle incrementa su amplitud y permite el desarrollo de las actividades agropecuarias, y por ende un mayor deterioro, al desaparecer la cobertura vegetal original.

C) Zonas de ladera media y pie de monte, conformadas por laderas bajas de pendiente más suaves donde se desarrolla la agricultura de temporal y las pastizales para una ganadería extensiva, conformando el pie de monte de las partes altas y comportándose como zonas receptoras de materiales aluviales, aportados por la erosión hídrica y eólica. Se trata de una matriz de usos agropecuarios, y corredores estrechos de vegetación de bosque de galería en los escurrimientos temporales y permanentes. Ya no existen comunidades de vegetación natural y solo se perciben individuos arbóreos y arbustivos aislados y dispersos a lo largo de los linderos entre las parcelas, sin mostrar ninguna continuidad ecológica, dando como resultado un paisaje degradado en su estatus ecológico con tendencia hacia un incremento de la degradación progresiva.





Fotografías donde se muestra la ladera media y baja de distintas geformas, donde las actividades agropecuarias han ejercido un grave deterioro sobre los factores bióticos y edáficos, donde se ha eliminado la vegetación, dejando individuos aislados, o corredores de vegetación sobre las cañadas, o permitiendo la presencia de vegetación secundaria en parcelas abandonadas.

Para realizar la valoración general de paisajística se tomaron los siguientes criterios de valoración:

- 1) Valoración estética:
 - ✓ Común o áreas con características y rasgos ordinarios en la región;
 - ✓ Frecuente o áreas que reúnen una mezcla una mezcla de características excepcionales para algunos aspectos y comunes para otros;
 - ✓ Excepcional o única, estas son áreas que reúnen características excepcionales para cada aspecto considerado.

- 2) Valoración ecosistémica
 - ✓ conservada, guarda procesos ecosistémicos originales y con alta resiliencia;
 - ✓ deteriorada, los procesos ecosistémicos han sido alterados y ha disminuido su capacidad de resiliencia;
 - ✓ progresiva, existen factores o fuerzas exógenas, que están promoviendo esa tendencia, ya sea de conservación o de deterioro;
 - ✓ regresiva, se refiere a que existen factores o fuerzas exógenas y endógenas, están revirtiendo esa tendencia.

Para tener una valoración del paisaje en el sitio se realiza la sumatoria de la ponderación de atributos, así el resultado obtenido se incluye en alguna de las tres categorías de sensibilidad indicadas en el Cuadro siguiente:

Sensibilidad del Paisaje por Algún Tipo de Alteración

Ponderación	Sensibilidad	Categoría	Criterio	Valor numérico
A	Alta	Clímax	Mantienen sus caracteres originales y prevalece una estabilidad equilibrio entre los subsistemas abiótico, biótico y antrópico, tienen alta capacidad de resiliencia y muy bajo nivel de deterioro. Existen procesos edafogenéticos y recolonización vegetal que garantizan el mantenimiento de la riqueza y el equilibrio de sus paisajes. Con aprovechamientos del potencial natural, sin afectar la regeneración natural.	19 - 33
B	Media	Paraclímax	Presenta una situación de estabilidad favorable, aunque puede ser frágil debido a acciones antrópicas sobre los componentes bióticos que han simplificado el sistema, incrementando su sensibilidad a impactos externos. No obstante, la baja incidencia e intensidad no compromete el equilibrio alcanzado, de tal forma que los escasos desajustes espaciales y temporales del potencial ecológico pueden ser restaurados.	12 - 18
C	Baja	Degradado	Presenta diversas situaciones de deterioro en distinto grado y manifiesta una sensible inestabilidad, La posibilidad de recuperación de un paisaje degradado depende de su nivel de deterioro (ver cuadro)	0 - 11

Fuente: González Alonso Santiago et al, (1983)

En la Zona de Estudio muestra tanto condiciones ecológicas “Degradada” asociada al desarrollo de las actividades antropogénicas, con una tendencia hacia el desarrollo progresivo de la degradación, mientras que se observa una gran resiliencia de los elementos vegetacionales, los cuales aparecen cubriendo terrenos abandonados por las actividades agropecuarias, iniciando la sucesión ecológica, como respuesta de la condición edáfica y climática, principalmente.

Por otra parte también se tienen sitios con condiciones clímax y paraclímax, que se deben a la ligera o moderada intervención humana, como resultado de aprovechamientos muy bajos, que inmediatamente son absorbidos por las condiciones de los elementos ecosistémicos. Los grados de perturbación manejados [según Mateo y Ortiz (2001)], se presentan como:

- a) Degradado: donde el sistema ha sufrido importantes perturbaciones,
- b) Conservado: donde los ecosistemas mantienen sus procesos ecosistémicos y grado de resiliencia,
- c) Progresivo: donde el sistema degradado continua su degradación o el conservado continúa con su poder de resiliencia,
- d) Regresivo: donde los sistemas degradados registra una tendencia a la recuperación del equilibrio, o donde los sistemas conservados pierden su poder de regeneración de los elementos bióticos. Puede haber paisajes regresivos o progresivos por causa antrópica (por ejemplo, áreas periurbanas) y por causa natural (zonas desérticas y zonas con intensos procesos de erosión natural, o grado de resiliencia).

Con lo anterior se presenta el siguiente cuadro de valoración total del paisaje:

Valoración del paisaje

Unidad paisajística	Valoración Estética	Valoración ecosistémica
Sierra	Común	Deterioro bajo y regresivo
Cañadas estrechas	Frecuente	Conservada y progresiva
Zonas de ladera media y pie de monte	Común	Deteriorada y progresiva

Fuente: Trabajo de campo, 2006

Destacan el hecho de que para la Sierra se presentan características comunes para toda la región, donde se observan un nivel de deterioro bajo, pero que al cesar el efecto negativo antropogénico, inmediatamente trata de regresar a sus condiciones iniciales, lo cual hace que este tipo de paisaje tienda hacia el estado de Paraclímax, al desaparecer la presión ejercida, principalmente por las actividades pecuarias.

En relación a las cañadas estrechas, su valoración estética es frecuente, debido a su permanencia a lo largo de las diferentes corrientes hidrológicas, con una valoración de conservada y progresiva, dado que las condiciones geomorfológicas, topográficas, climáticas y edáficas, favorecen la conservación de estos sitios.

Finalmente, las Zonas de pie de monte se caracterizan por ser muy comunes y con una valoración ecosistémica de deteriorada y progresiva, donde el constante aprovechamiento a agrícola y pecuario, reduce considerablemente la posibilidad de regresar a las condiciones iniciales, lo cual hace que en estas unidades de paisaje, se presente el mayor deterioro.

Considerando los elementos característicos de la zona donde se ubica el área de ampliación de la Mina Aquila, se realizó el análisis de calidad visual con respecto a las unidades de paisaje identificadas, presentándose en el Cuadro siguiente:

Calidad visual de la Zona de Estudio de la Mina Aquila.

Unidad paisajística	Subunidad	Preferencia del espectador	Complejidad ecológica	Rareza	Número de Paisajes por unidad (fragmentación)	Topografía y Geomorfología	Calidad visual
Sierra	Vegetación	Alta	Alta	Común	Baja	Alto	Alto
	Pastizal	Baja	Baja	Común	Baja	Alto	Baja
	Agricultura	Baja	Baja	Común	Baja	Media	Baja
Cañadas estrechas	Vegetación	Alta	Alta	Frecuente	Media	Alta	Alto
	Agricultura	Baja	Baja	Común	Baja	Baja	Baja
Zonas de ladera media y pie de monte	Vegetación	Baja	Baja	Común	Baja	Baja	Baja
	Pastizal	Baja	Baja	Común	Baja	Baja	Baja
	Agricultura	Baja	Baja	Común	Baja	Baja	Baja

Fuente: Trabajo de campo, 2006

Como se observa en el cuadro anterior, la calidad visual está mejor representada por la combinación entre su geomorfología y vegetación natural en la Sierra y Cañadas Estrechas, toda vez que esta se percibe e identifica, desde muchos ángulos del proyecto, como una matriz consolidada en las partes altas y con fuertes pendientes; fuera de este tipo de paisajes se percibe la intensa fragmentación de su condición original, con el dominio de una matriz de pastizales sobre la ladera media y zonas de pie de monte, con parches de vegetación secundaria y agricultura, así como corredores de vegetación secundaria a lo largo de las diferentes corrientes hidrológicas, ya sea intermitentes o perennes.

Los paisajes más notables y de mayor valoración ecosistémica y paisajística se presentan en las partes altas de la sierra, zonas de fuertes pendientes y cañadas estrechas, donde la vegetación natural ha recibido pocos efectos negativos, mientras que donde la geomorfología permite la introducción de pastizales inducidos o de agricultura de temporal, inmediatamente se transforma de una matriz de vegetación natural hacia una matriz de pastizales, principalmente, de acuerdo al siguiente cuadro:

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para la Ampliación de la superficie de explotación de la “Mina Aquila”, Aquila, Michoacán.

Unidad paisajística	Matriz	Parches	Corredores	Condición Ecológica
Sierra	Vegetación primaria (Selva Mediana y Alta Subcaducifolia)	Ninguno	Ninguno	Conservada y progresiva
Cañadas estrechas	Bosque de Galería	Ninguno	Vegetación primaria	Conservada y progresiva
Zonas de ladera media y pie de monte	Pastizales	Vegetación secundaria y agricultura de temporal	Bosque de galería restringido	Deteriorada y progresiva

La fragilidad visual se evalúa teniendo también como base la geomorfología, vegetación y los elementos que encubren a otros, considerando que la fragilidad visual crece con la magnitud del contraste entre geomorfología, suelo y vegetación y disminuye con los que enmascaren un nuevo proyecto que pretenda ser incorporado a la zona, donde el poder enmascarante mas fuerte es el relieve.

Por otra parte, la vegetación; a mayor pendiente mayor es la fragilidad visual y a medida que la pendiente se suaviza la absorción de las modificaciones a un paisaje, se atenúan paulatinamente. Un punto resulta más vulnerable a medida que tiene una mayor visibilidad. En el cuadro siguiente se presentan los resultados de la zona.

Fragilidad visual de la zona de influencia de la Mina Aquila.

Unidad paisajística	Subunidad	Factores intrínsecos			Factores extrínsecos			Fragilidad visual
		Abundancia de elementos	Topografía y pendiente (incidencia visual)	Complejidad	Campo visual	Accesibilidad	Elementos de influencia	
Sierra	Vegetación	Alto	Alto	Alto	Regional	Bajo	Alto	Alto
	Pastizal	Bajo	Bajo	Bajo	Regional	Alto	Bajo	Bajo
	Agricultura	Bajo	Bajo	Bajo	Local	Alto	Bajo	Bajo
Cañadas estrechas	Vegetación	Alto	Alto	Alto	Puntual	Alto	Alto	Alto
	Agricultura	Bajo	Bajo	Bajo	Local	Alto	Bajo	Bajo
Zonas de laderas medias y pie de monte	Vegetación	Moderado	Moderado	Bajo	Regional	Alto	Moderado	Moderado
	Pastizal	Bajo	Bajo	Bajo	Regional	Alto	Bajo	Bajo
	Agricultura	Bajo	Bajo	Bajo	Regional	Alto	Bajo	Bajo

Como se puede apreciar en el anterior aparecen áreas con alto grado de fragilidad tanto en la Sierra como en las Cañadas Estrechas, zonas con una buena conservación y con una alta capacidad de resiliencia con un alto valor para su grado de fragilidad, lo cual se obstaculiza al aparecer nuevas elevaciones, que encubren los efectos deteriorantes.

El grado fragilidad es muy bajo en la zona de las laderas medias y pie de monte, donde la presión antrópica, encaminada a la ganadería extensiva y una agricultura de temporal muy exigua; ha provocado la desaparición de la vegetación original, exponiendo al deterioro a los elementos abióticos, como es la hidrologías superficial, los suelos y el material parentela.

Capacidad de Acogida:

Con los valores de calidad visual y fragilidad visual, se realiza una interrelación de valores y resultados para identificar la capacidad de acogida que se refiere precisamente a la capacidad de un territorio para albergar posibles usos y particularmente, la ampliación de las actividades de extracción de materiales ferroso por parte de la Mina Aquila.

Para determinar la capacidad de acogida se realizo un cruce de interacciones entre la calidad visual y la fragilidad visual ocupando sus unidades y sub unidades paisajísticas, donde un cruce de calidad visual baja, con fragilidad visual baja da como resultado un 100% de capacidad de acogida.

Capacidad de acogida de la Ampliación de la Zona de Explotación de la Mina Aquila.

Calidad Visual										
	Unidad Paisajística	Subunidad	Sierra			Cañadas estrechas		Zonas de laderas medias y pie de monte		
			Vegetación (Alta)	Pastizal (Baja)	Agricultura (Baja)	Vegetación (Alta)	Agricultura (Baja)	Vegetación (Media)	Pastizal (Baja)	Agricultura (Baja)
Fragilidad Visual	Sierra	Vegetación	B	B	B	B	B	B	B	B
		Pastizal	B	A	A	B	A	M	A	A
		Agricultura	B	A	A	B	A	M	A	A
	Cañadas estrechas	Vegetación	B	B	B	B	M	M	B	B
		Agricultura	A	A	A	M	A	M	A	A
	Zonas de laderas medias y pie de monte	Vegetación	A	A	A	B	A	A	A	A
		Pastizal	A	A	A	B	A	A	A	A
		Agricultura	A	A	A	B	A	A	A	A

Simbología	A	Alta Capacidad de acogida o sensibilidad baja
	M	Moderada Capacidad de acogida o sensibilidad media
	B	Baja capacidad de acogida o sensibilidad alta

En el cuadro anterior se observan que los sitios con alta de acogida para recibir a ampliación de la superficie de explotación esta orientada hacia la combinación de las áreas con un uso agrícola y pecuario, mientras que las zonas con vegetación natural primaria, muestran una alta sensibilidad y por lo tanto una baja capacidad de acogida de este nuevo proyecto.

En conclusión se observa una capacidad de acogida muy alta o una sensibilidad baja a la incorporación de nuevos elementos al paisaje en aquellas zonas de las laderas medias y de pie de monte de las elevaciones cercanas, y mucho más baja capacidad de acogida del proyecto para la sierra, debido a dos factores determinantes: su condición de alta conservación de la vegetación y el fuerte impedimento geomorfológico. Asimismo destaca la unidad de paisaje de cañadas estrechas, que muestran una capacidad de acogida muy baja en las zonas donde se encuentran las comunidades vegetales del bosque de galería, y una capacidad de acogida en zonas donde la agricultura ya ha modificado sustancialmente la composición ecológica y la abundancia de los elementos bióticos.

Cabe mencionar que existe otro paisaje en la zona de estudio, que corresponde a la zona que actualmente se encuentra bajo explotación, la cual le corresponde el valoración de un paisaje

degradado y progresivo, y que la tendencia es hacia una mayor degradación, debido a que se sigue aprovechando el material ferroso, en este sitio la capacidad de acogida para continuar con la actividades mineras, es de una total y alta capacidad, debido a que se puede continuar la explotación en el sitio sin representar una afectación significativa al paisaje en su composición y concepción total.

Las siguientes imágenes muestran el paisaje degradado y progresivo de la zona de extracción del material hematítico y magnético.







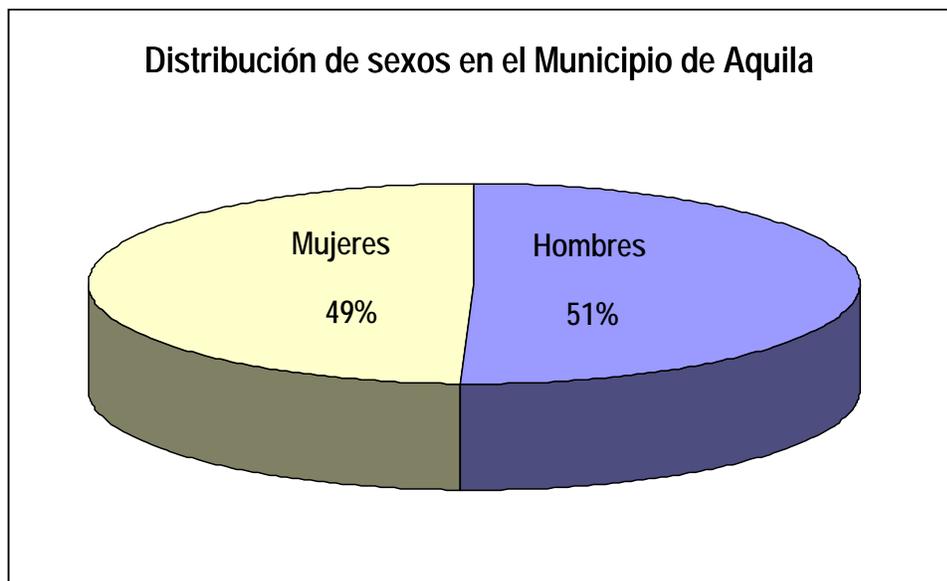
IV.2.4 Medio socioeconómico

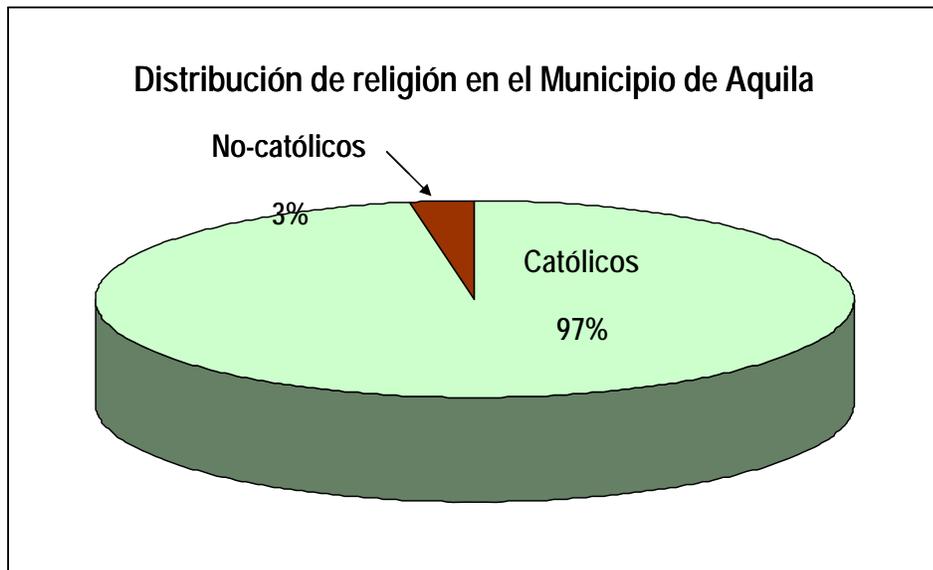
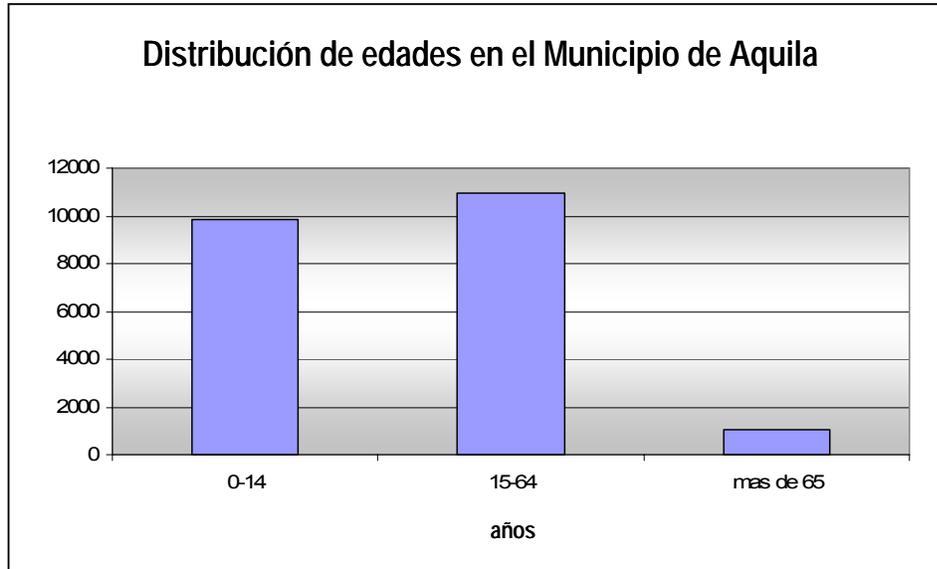
Aquila es un municipio del Edo. de Michoacán, y a la vez es el sede de la comunidad indígena del mismo nombre, la cual tiene dotación de tierra que cubre parte de este municipio y del de Coahuayana. La cabecera municipal es Aquila y esta población cuenta con el 6% de los habitantes del municipio

Su superficie es de 2,311.69 km² y representa el 3.92 por ciento de la superficie del Estado, con respecto a la población, en este municipio se concentra el 0.55% de los habitantes del Estado. Cuenta sólo con dos carreteras pavimentadas, la costera y la de Aquila - Coalcomán.

La comunidad Indígena de San Miguel de Aquila tiene dotación de tierra que data de 1525, se calcula en un poco mas de 3,000 personas y principalmente hablan Náhuatl y Purepecha.

Demografía





Vivienda

En el municipio el 94.98% de las viviendas son en casa sola, el 0.33% son departamentos, el 0.02% son cuartos de azotea y el 0.18% son de otra índole como refugios, locales no construidos para habitación. El 64.55% son viviendas de 2 a 5 cuartos

El 43.06% de las viviendas tienen techos de tejas, el 20.33% tienen techos de cartón, el 16.37% tienen techos de asbesto y metálico, el 12.94% tienen techos de losa, el resto tienen techos de material de desecho, de palma, tejamanil o madera.

El 42.35% de las viviendas no cuentan con electricidad ni drenaje, el 27.67% tienen electricidad y sin drenaje, el 3.95% tienen drenaje pero no tienen electricidad y el 23.78% tienen electricidad y drenaje. Únicamente el 7.14% de las viviendas cuentan con agua entubada.

Economía

En el Municipio el 41% de los habitantes están empleados y el 59% desempleados, de estos últimos el 49% está dedicado al hogar, el 25% son estudiantes y el resto no reporta actividad.

Ocupación:

Sector Primario: El 67.58% de la población está ocupada en este sector, principalmente en ganadería, agricultura y pesca.

Sector Secundario. El 8.94% de la población está trabajando en el sector secundario, principalmente en Minería el 0.95%, Industria manufacturera el 3.53%, en construcción el 4.43% y en energía eléctrica y agua el 0.03%.

Sector Terciario. El 20.27% de la población se encuentra trabajando en este sector, las áreas relevantes son el comercio 4.45%, actividad de gobierno el 2.58%, en restaurantes y hoteles el 3.32%, en servicios educativos el 4.79%, y el resto en actividades como transporte, esparcimiento y cultura, servicios profesionales, servicios de salud.

El 51.36% de la población empleada trabaja por su cuenta, el 17.72% trabaja como empleado u obrero, el 8.64% trabaja como jornalero o peón, y el 22.26% se desempeña en negocio familiar o patrón. El 23.85% tiene percepciones de entre 1 y 2 salarios mínimos, el 13.33% recibe entre 2 y 5 salarios mínimos y el 5.67% percibe menos de un salario mínimo.

El comercio se realiza en tianguis y tiendas de abarrotes principalmente

Educación

En el Municipio el 78.6% de la población mayor de 15 años es alfabeto, el 59.7% de la población entre 6 y 64 años van a la escuela.

Cuenta con los niveles de preescolar (68/73 plantel/aula), primaria (194/363), secundaria (14/52), Tele-secundaria (13) y bachillerato (3/6), además se imparte educación indígena.

Salud

La infraestructura de salud en la zona es prácticamente nula. Solo se cuenta con una clínica del IMSS en la cabecera municipal, promovido por las actividades de la mina y un Centro de Salud de la SSA.

Deporte

Cuenta con campos deportivos para la práctica de fútbol, y canchas de básquetbol. Existen competencias de fútbol, basquetbol, voleybol y trote promovidas a lo largo del año por la asociación de trabajadores de la mina denominada Nova.

Conflictividad social:

- **Narcotráfico:** es una de las actividades más extendidas en la zona. Se da principalmente en las zonas más escondidas e inaccesibles de la Sierra Madre del Sur. Las actividades de siembra y cosecha de estupefacientes son realizadas en la clandestinidad aprovechando lo accidentado del terreno.
- **Delincuencia:** es uno de los mayores problemas de la zona. Es frecuente que ocurran asaltos en muchos tramos de la carretera federal y en los caminos de terracerías.
- **Drogadicción:** va en aumento sobre todo en la población joven.
- **Prostitución:** existe de manera simulada y se practica en pequeños restaurantes de la cabecera municipal, donde se expende comida y alcohol.
- **Migración:** muy alta en los jóvenes a los Estados Unidos.

IV.2.5 Diagnóstico ambiental

Como un primer análisis se presenta la integración numérica de la situación actual de las cuatro componentes identificados en la zona de influencia de la Mina Aquila, la cual consiste en la asignación de un valor numérico a las distintas unidades, considerando cinco elementos que heredan a la zona de estudio los atributos mas relevantes; al mismo tiempo, fungen como indicadores ambientales de los grados y tendencias de conservación o de procesos de degradación que de una forma, son elementos que deben ser considerados en el tiempo, como agentes dinámicos y que definieran las acciones para prevenir un mayor deterioro.

Integración del inventario ambiental de la zona de estudio de la Mina Aquila, Mich.

Unidad Ambiental	Geomorfología	Suelos	Vegetación	Hidrología	Fauna	Valoración
Zona de la Sierra	3	3	3	2	3	14
Zona de Cañadas estrechas	2	2	3	3	2	12
Zona de Laderas medias y bajas y pie de monte	2	1	1	1	1	6
Zona de explotación actual	1	0	0	0	0	1

Ponderación: 0 = Nulo; 1 = Baja; 2 = Media; 3 = Alta.

Como conclusión, se tiene que la zona de la sierra, ubicada en las partes más altas de las geoformas y de difícil acceso, con la ponderación más alta, en este caso 14; le sigue la zona de cañadas estrechas con una valoración de 12, debido a su carácter de vegetación de bosque de galería y la presencia de diferentes curso de agua. Le sigue la zona de Laderas medias y bajas y pie de monte, donde la agricultura y ganadería han modificado drásticamente los elementos ambientales, con una ponderación muy baja. Finalmente, se encuentra la Zona de explotación actual se presenta la menor ponderación, donde prácticamente todos atributos ambientales han sido modificados y la funcionalidad del sistemas esta siendo afectado de manera constante..

Por otra parte se ha desarrollado el siguiente cuadro, que resume las características de degradación y conservación, así como las tendencias en el tiempo.

Estatus de conservación y tendencias del escenario ambiental de la zona influencia de la Mina Aquila, Mich.

Unidad Ambiental	Conservación	Degradación	Tendencia a la conservación	Tendencia a la degradación
Zona de la Sierra	3	0	3	0
Zona de Cañadas estrechas	2	1	2	1
Zona de Laderas medias y bajas y pie de monte	1	3	1	3
Zona de explotación actual	0	3	0	3

Ponderación: 0 = Nulo; 1 = Baja; 2 = Media; 3 = Alta.

La siguiente matriz sintetiza la conservación y tendencia del escenario de la zona de influencia de la Mina Aquila:

	Estatus de Conservación	Estatus de Degradación
Tendencia a la conservación	Zona de la Sierra	
Tendencia a la degradación	Zona de Cañadas estrechas	Zona de Laderas medias y bajas y pie de monte Zona de explotación actual

De los cuadros anteriores, se observa que la zona de la sierra, presenta una alta conservación y una tendencia a mantenerse en esa condición, mientras que la zona de cañadas estrechas, esta conservada con una tendencia a sufrir diferentes procesos de degradación; finalmente, se tiene a las unidades de Zona de Laderas medias y bajas y pie de monte y la Zona de explotación actual, las cuales presentan alto grado de deterioro y su tendencia es seguir en esa misma condición, y acentuarse a velocidades distintas, ya que la zona de explotación actual, lo hace a una mayor velocidad que la zona afectada por las actividades pecuarias y agrícolas.

En este sentido los criterios de valoración para analizar el escenario ambiental definido para la zona de influencia de la Mina Aquila, asignando para los componentes ambientales las valoraciones correspondientes, permite establecer las siguientes ponderaciones:

Unidad Ambiental	Diversidad	Rareza	Naturalidad	Grado de aislamiento	Calidad	Total
Zona de la Sierra	3	2	3	2	3	13
Zona de Cañadas estrechas	3	2	2	2	3	12
Zona de Laderas medias y bajas y pie de monte	1	1	0	0	0	2
Zona de explotación actual	0	3	0	0	0	3

Ponderación: 0 = Nulo; 1 = Baja; 2 = Media; 3 = Alta.

Destaca, como se ha expresado previamente, la alta valoración de la zona de sierras y zona de cañadas estrechas, donde se presenta la mayor diversidad, calidad de sus componentes, con una naturalidad, rareza y grado de aislamiento moderado, lo cual le otorga elementos ecosistémicos valiosos para preservar los flujos de energía y materiales hacia el interior de todos los componentes ambientales. Por el contrario, la zona de laderas medias y bajas y pie de monte, así como la zona de explotación actual, con la menor ponderación y por ende la de mayor afectación, donde la presencia antrópica, asociadas regionalmente a la agricultura y ganadería y puntualmente a la minería, han modificado sustancialmente los distintos componentes ecosistémicos.

b) Síntesis del inventario

Como síntesis del inventario, se puede establecer que la zona de sierra es la unidad de mayor diversidad, mayor conservación y una tendencia a la conservar sus estructuras y funcionalidades; le sigue la zona de cañadas estrechas, donde la presencia de actividades humanas, ofrece una amenaza latente, para la conservación de sus elementos, dada la fragilidad y extensión reducida donde se ubica; por el contrario, se tienen a las zonas de ladera media y baja y pie de monte, donde la agricultura y ganadería han provocado la desaparición de la vegetación, disminución de la fauna y deterioro del suelo e hidrología superficial, y finalmente la minería, que ha provocado además de la desaparición de la vegetación, disminución de la fauna y deterioro del suelo e hidrología superficial, la modificación irreversible de la geomorfología.

V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

V.1 Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales

Dentro de los métodos simples para la evaluación de los impactos ambientales se encuentran las Técnica ad-hoc, diversas Listas de chequeo, matrices Tipo Leopold Modificadas y Red de

eventos, entre otras. Las listas de chequeo permiten apreciar todas las actividades que pueden alterar el entorno donde se desarrolla la obra.

Dentro del grupo de matrices, el método más utilizado para la evaluación de los impactos ambientales es el diseñado por Leopold *et al*, que describe las acciones necesarias para la evaluación de los impactos ambientales identificándolos con base en su magnitud y su importancia. Este método, ha sido modificado y adaptado a diferentes proyectos con el fin de ajustar el número de actividades y elementos ambientales a un número manejable y *ad hoc* del proyecto sujeto a evaluación, lo que le permite ser una metodología de gran utilidad, aunque su eficacia depende de la capacidad y juicio de los evaluadores.

La técnica empleada para la identificación y evaluación de los impactos ambientales del presente proyecto es el método matricial complejo a partir del modelo original planteado por Leopold, que permite la identificación de las relaciones causa-efecto. Este modelo se basa en correlacionar en una serie de matrices las actividades planeadas dentro de cada una de las etapas del proyecto con los componentes del medio natural y socioeconómico. Para la identificación de los impactos se elaboró una matriz de correlación; en un arreglo matricial de doble entrada, en cuyas columnas se ubicarán cada una de las etapas y actividades que contempla el proyecto; y en las filas se ubicarán cada uno de los factores ambientales susceptibles de ser alterados. Las etapas y actividades para evaluar el proyecto se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 38 Listado de Actividades de la Mina Aquila, Michoacán utilizadas en la Matriz de identificación de impactos ambientales.

ETAPA	ACTIVIDAD
SELECCIÓN DEL SITIO	Barrenación para muestreo
	Análisis metalúrgicos de muestras
	Modelación de yacimientos potenciales.
	Estudios topográficos.
	Estudios preliminares para caminos de acceso.
	Reconocimiento de vegetación y fauna
	Estudio de cambio de uso de suelo.
ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO	Estudios legales
	Desmonte de la vegetación.
	Despalme de la capa superficial del suelo
ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DE OBRAS ASOCIADAS	Nivelación y relleno de caminos de acceso.
	Construcción de caminos de acceso y acarreo.
	Servicio médico y respuesta a emergencias
ETAPA DE OPERACIÓN (CONSTRUCCIÓN DE OBRAS MINERAS)	Almacenes, comedor, instalaciones sanitarias, energía eléctrica y oficinas
EXPLORACIÓN	Barrenación con equipo neumático
	Extracción de muestras del mineral.
EXPLOTACIÓN	Formación de niveles
	Rampas de acceso
	Tajos
	Polvorín
	Carga y uso de explosivos.
	Depósitos superficiales de terreros
	Transporte de material
BENEFICIO	Trituración y molienda
	Carga.
	Transporte a la planta peletizadora
ETAPA DE MANTENIMIENTO	Mantenimiento de caminos.
	Mantenimiento de vehículos de carga.
	Mantenimiento de la planta de trituración.
	Mantenimiento de oficinas, comedor y sanitarios.
	Mantenimiento y estabilización de terreros
	Mantenimiento a zonas reforestadas.
ETAPA DE ABANDONO DEL SITIO	Retiro de la maquinaria.
	Desmantelamiento de campamento e instalaciones.
	Monitoreo de la estabilidad de los terreros.
	Monitoreo y revegetación a zonas reforestadas
	Monitoreo y mantenimiento de terreros.

Factores ambientales

Para analizar los impactos a los distintos atributos ambientales es necesario reconocer los factores ambientales en los que se expresarán los efectos derivados de las actividades del proyecto de ampliación de la Mina Aquila. A continuación se presenta un listado de factores clasificados por categorías:

Tabla 39. Factores ambientales potencialmente afectables por el desarrollo del proyecto.

MEDIO	ELEMENTO AMBIENTAL	COMPONENTE	ATRIBUTO
Medio Natural	Abiótico	Geología	Materiales geológicos
			Estabilidad
		Geomorfología	Relieve
			Denudación
			Movimientos de material
		Suelo	Horizontes
			Erodabilidad del suelo
			Contaminación
		Agua Superficial	Caudal del agua superficial
			Aguas residuales
			Calidad del agua superficial
		Agua Subterránea	Recarga de acuíferos
	Calidad del agua subterránea		
	Aire	Polvos	
		Gases	
		Ruido	
	Biótico	Vegetación	Comunidades vegetales
			Sucesión ecológica
Fauna		Comunidades faunísticas	
		Hábitat	
Paisaje		Elementos bióticos	
		Paisaje Geomorfológico	
	Elementos hidrológicos		
Medio socioeconómico	Social	Uso del suelo	Uso potencial del suelo
			Uso actual del suelo
		Elementos Urbanos	Vialidad y transporte
			Asentamientos humanos
	Salud y Seguridad social	Riesgo de accidentes	
		Calidad de vida	
	Económico	Directo	Generación de empleo
			Consumo de bienes y servicios locales
Recaudación fiscal			

		Indirecto	Desarrollo urbano
--	--	-----------	-------------------

De esta forma se identificaron **37** Actividades durante todas las etapas para la Mina Aquila y **33** elementos del medio natural y socioeconómico sobre los cuales la obra ejerce algún tipo de interacción. Con estas variables se llevó la identificación y evaluación de los impactos ambientales, y de manera subsecuente se procede a determinar el nivel de impactabilidad de las actividades y establecer o diseñar las medidas de mitigación encaminadas a reducir el nivel de afectación sobre cada uno de los elementos ambientales a lo largo de la vida del proyecto.

Para cuantificar las interacciones entre las actividades del proyecto y los elementos ambientales de los medios natural y socioeconómico se diseñó una matriz de correlación, la cual permite conocer el nivel de impactabilidad de las actividades y el nivel de afectabilidad de los elementos sociales, económicos o naturales. De esta manera se tiene un índice que resulta en un número para una categorización y mejor comprensión del impacto ambiental generado por el proyecto. Estos índices permiten deducir dentro de una escala predeterminada de 0 a 20, negativos y positivos y en escala porcentual, la relación entre el agente generador de impactos con el elemento impactado; el primero califica de cada una de las actividades del proyecto su capacidad de generar impactos sobre los diferentes elementos analizados, mientras que el segundo permite conocer cuáles serán los elementos más afectados.

De esta manera se conocen las actividades que propician desde una sola afectación hasta aquellas que son capaces de provocar un amplio espectro de impactos al medio; por otra parte, en ésta interacción identificada, se reconoce los elementos más susceptibles de ser afectados por una sola actividad o por varias durante cada una de las etapas del proyecto.

Matriz de identificación de impactos

La matriz de identificación de impactos permite identificar las interacciones que tendrá una actividad con cada uno de los elementos del ambiente, identificando si puede o no generar un impacto; cada uno de estas interacciones constituye la primera hipótesis de las posibilidades de la identificación de impactos ambientales:

Tabla 40 Interacción de Actividades del Proyecto con los Factores ambientales.

Total de actividades del proyecto	Total de atributos ambientales	Total de interacciones
37 actividades	33 elementos	1221 interacciones

Identificación de Impactos ambientales generados

La identificación de los impactos ambientales a partir de la matriz de interacción que se presenta en el anexo respectivo, entre las actividades del proyecto con los elementos del medio natural y socioeconómico, resulta en un total de **366** impactos ambientales o "interacciones", agrupados por cada etapa del proyecto de ampliación de la superficie de explotación de la Mina Aquila, los cuales quedan distribuidos de la siguiente forma:

Tabla 41 Distribución de los impactos porcentuales por etapa.

Etapa del Proyecto de Ampliación de la Mina Aquila.	Número de impactos identificados	Porcentaje
Selección del sitio	32	8.7
Preparación del sitio	36	9.8
Construcción Obras Asociadas	30	8.2
Operación (Exploración)	40	10.9
Operación (Explotación)	75	20.5
Operación (Beneficio)	33	9.1
Mantenimiento	65	17.8
Abandono	55	15.0
TOTAL	366	100.0

En este cuadro se observa que la mayor cantidad de impactos ambientales se presentan durante las etapas de Operación, tanto en la fase de Exploración como de Explotación, las cuales concentran el 31.4% de los impactos ambientales identificados, aunado al 9.1% de la Fase de Beneficio del mineral, que hace un total de 40.5%. Destaca por otra parte la Etapa de Mantenimiento con el 17.8% y la Etapa de Abandono con 15%, lo que representa el 32.8% de los impactos ambientales identificados. Estas tres etapas concentran el 73.3% de los impactos ambientales identificados.

A partir de la ponderación o evaluación de los impactos ambientales considerando 10 atributos o categorías de impactos, se puede construir un cuadro que represente el nivel de impactabilidad de cada una de las distintas etapas del proyecto de ampliación de la superficie de extracción de la Mina Aquila, permitiendo anticiparse a las necesidades de establecer el conjunto de medidas de mitigación necesarias para atenuar los efectos negativos que habrían de presentarse a lo largo de la vida del proyecto. El siguiente cuadro concentra la ponderación de cada etapa del proyecto analizado.

Tabla 42 Concentración de la ponderación de los impactos ambientales por etapa del Proyecto de la Ampliación de la Mina Aquila.

ETAPAS	Etapa del Proyecto de Ampliación de la Mina Aquila.	Ponderación del impacto ambiental	Porcentaje
SUMATORIA DE IMPACTOS NEGATIVOS	Operación (Explotación)	-516	37.3
	Operación (Exploración)	-377	27.3
	Preparación del sitio	-277	20.0
	Construcción Obras Asociadas	-204	14.7
	Operación (Beneficio)	-9	0.7
	TOTAL	-1383	100.0
SUMATORIA DE IMPACTOS POSITIVOS	Mantenimiento	437	42.4
	Selección del sitio	406	39.4
	Abandono	187	18.2
	TOTAL	1030	100.0

En el cuadro anterior se observa nuevamente que la etapa de Operación en sus fases de Explotación y Exploración son las que muestran las principales afectaciones, concentrando el 64.6% de los impactos adversos, mientras que las etapas de Mantenimiento y Selección del Sitio, concentran el mayor porcentaje de impactos positivos, con el 81.8% del conjunto de los impactos benéficos identificados. En conclusión se tiene que las medidas de mitigación tienen que estar encaminadas de manera preferente, hacia la Explotación y Exploración, las cuales incluyen actividades de alta impactabilidad, ejerciendo sus efectos adversos tanto en el espacio donde se proyecta la ampliación, como a lo largo del tiempo de vida útil del proyecto.

Caracterización de impactos

A partir de la información generada en la matriz de identificación tipo Leopold se agrupan los impactos ambientales (positivos y negativos), de acuerdo a cada etapa del proyecto y actividad:

Tabla 43 Impactos Ambientales (Negativos y Positivos) en la Selección del sitio para el Proyecto de la Mina Aquila

Etapa de Selección del sitio		
Actividad	Factores Afectados	
Barrenación para muestreo	NEGATIVOS: 0	POSITIVOS: 1
		Generación de empleo
Análisis metalúrgicos de muestras	NEGATIVOS: 0	POSITIVOS: 1
		Generación de empleo
Estudios Hidrológicos	NEGATIVOS: 0	POSITIVOS: 5
		Caudal del agua superficial
		Recarga de acuíferos

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para la Ampliación de la superficie de explotación de la “Mina Aquila”, Aquila, Michoacán.

Etapa de Selección del sitio		
Actividad	Factores Afectados	
		Calidad del agua subterránea
		Elementos hidrológicos
		Generación de empleo
Modelación de yacimientos potenciales.	NEGATIVOS: 0	POSITIVOS: 1
		Generación de empleo
Estudios topográficos.	NEGATIVOS: 0	POSITIVOS: 7
		Estabilidad
		Relieve
		Denudación
		Movimientos de material
		Paisaje Geomorfológico
		Riesgo de accidentes
		Generación de empleo
Estudios preliminares para caminos de acceso.	NEGATIVOS: 0	POSITIVOS: 4
		Estabilidad
		Relieve
		Denudación
Reconocimiento de vegetación y fauna	NEGATIVOS: 0	POSITIVOS: 10
		Comunidades vegetales
		Sucesión ecológica
		Comunidades faunísticas
		Hábitat
		Elementos bióticos
		Uso potencial del suelo
		Uso actual del suelo
		Calidad de vida
		Generación de empleo
	Recaudación fiscal	
Estudio de cambio de uso de suelo.	NEGATIVOS: 0	POSITIVOS: 2
		Generación de empleo
		Recaudación fiscal
Estudios legales	NEGATIVOS: 0	POSITIVOS: 5
		Uso potencial del suelo
		Uso actual del suelo
		Calidad de vida
		Generación de empleo
	Recaudación fiscal	

Tabla 44 Impactos Ambientales (Negativos y Positivos) en la Preparación del sitio para el Proyecto de la Mina Aquila

Etapa de Preparación del sitio		
Actividad	Factores Afectados	
Desmonte de la vegetación.	NEGATIVOS: 5	POSITIVOS: 1
	Comunidades vegetales	Generación de empleo
	Sucesión ecológica	
	Comunidades faunísticas	
	Hábitat	
	Elementos bióticos	
Actividad	Factores Afectados	
Despalme de la capa superficial del suelo	NEGATIVOS: 13	POSITIVOS: 3
	Relieve	Uso potencial del suelo
	Denudación	Vialidad y transporte
	Horizontes	Generación de empleo
	Erodabilidad del suelo	
	Calidad del agua superficial	
	Polvos	
	Gases	
	Ruido	
	Comunidades faunísticas	
	Hábitat	
	Paisaje Geomorfológico	
	Uso actual del suelo	
	Riesgo de accidentes	
Actividad	Factores Afectados	
Nivelación y relleno de caminos de acceso.	NEGATIVOS: 10	POSITIVOS: 4
	Movimientos de material	Vialidad y transporte
	Horizontes	Generación de empleo
	Polvos	Consumo de bienes y servicios locales
	Gases	Desarrollo urbano
	Ruido	
	Comunidades faunísticas	
	Hábitat	
	Elementos bióticos	
	Elementos hidrológicos	
	Uso actual del suelo	

Tabla 45 Impactos Ambientales (Negativos y Positivos) en la construcción para el Proyecto de la Mina Aquila

Etapa de Construcción Obras Asociadas		
Actividad	Factores Afectados	
Construcción de caminos de acceso y acarreo.	NEGATIVOS: 17	POSITIVOS: 4
	Materiales geológicos	Vialidad y transporte
	Estabilidad	Generación de empleo
	Relieve	Consumo de bienes y servicios locales
	Denudación	Desarrollo urbano
	Movimientos de material	
	Erodabilidad del suelo	
	Polvos	
	Gases	
	Ruido	
	Comunidades vegetales	
	Sucesión ecológica	
	Comunidades faunísticas	
	Hábitat	
	Elementos bióticos	
	Paisaje Geomorfológico	
	Elementos hidrológicos	
Riesgo de accidentes		
Actividad	Factores Afectados	
Servicio médico y respuesta a emergencias	NEGATIVOS: 3	POSITIVOS: 2
	Horizontes	Calidad de vida
	Comunidades vegetales	Generación de empleo
	Comunidades faunísticas	
Actividad	Factores Afectados	
Almacén, Comedor, Instalaciones Sanitarias, electricidad y oficinas	NEGATIVOS: 3	POSITIVOS: 1
	Horizontes	Generación de empleo
	Comunidades vegetales	
	Comunidades faunísticas	

Tabla 46 Impactos Ambientales (Negativos y Positivos) en la operación del Proyecto de la Mina Aquila

Etapa de Operación		
Actividad	Factores Afectados	
Barrenación con equipo neumático	NEGATIVOS: 3	POSITIVOS: 1
	Ruido	Generación de empleo
	Comunidades faunísticas	
	Riesgo de accidentes	
Actividad	Factores Afectados	
Carga y uso de explosivos.	NEGATIVOS: 9	POSITIVOS: 2
	Materiales geológicos	Recaudación fiscal
	Estabilidad	Generación de empleo
	Relieve	
	Denudación	
	Movimientos de material	
	Polvos	
	Ruido	
	Comunidades faunísticas	
	Riesgo de accidentes	
Actividad	Factores Afectados	
Extracción y transporte del mineral.	NEGATIVOS: 22	POSITIVOS: 4
	Materiales geológicos	Uso actual del suelo
	Estabilidad	Vialidad y transporte
	Relieve	Generación de empleo
	Denudación	Recaudación fiscal
	Movimientos de material	
	Horizontes	
	Erodabilidad del suelo	
	Contaminación	
	Caudal del agua superficial	
	Calidad del agua superficial	
	Polvos	
	Gases	
	Ruido	
	Comunidades vegetales	
	Sucesión ecológica	
	Comunidades faunísticas	
	Hábitat	
	Elementos bióticos	
	Paisaje Geomorfológico	
Elementos hidrológicos		
Uso potencial del suelo		

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para la Ampliación de la superficie de explotación de la “Mina Aquila”, Aquila, Michoacán.

Etapa de Operación		
Actividad	Factores Afectados	
Formación de niveles	Riesgo de accidentes	
	NEGATIVOS: 10	POSITIVOS: 1
	Materiales geológicos	Generación de empleo
	Estabilidad	
	Relieve	
	Denudación	
	Movimientos de material	
	Polvos	
	Gases	
	Ruido	
	Paisaje Geomorfológico	
	Riesgo de accidentes	
Actividad	Factores Afectados	
Rampas de acceso	NEGATIVOS: 9	POSITIVOS: 1
	Materiales geológicos	Generación de empleo
	Estabilidad	
	Relieve	
	Denudación	
	Polvos	
	Gases	
	Ruido	
	Comunidades faunísticas	
	Riesgo de accidentes	
Actividad	Factores Afectados	
Tajos	NEGATIVOS: 11	POSITIVOS: 1
	Materiales geológicos	Generación de empleo
	Estabilidad	
	Denudación	
	Movimientos de material	
	Polvos	
	Gases	
	Ruido	
	Comunidades faunísticas	
	Paisaje Geomorfológico	
	Elementos hidrológicos	
	Riesgo de accidentes	
Actividad	Factores Afectados	
Polvorín	NEGATIVOS: 0	POSITIVOS: 4
		Gases
		Riesgo de accidentes
		Generación de empleo
		Recaudación fiscal
Depósitos superficiales de terreros	NEGATIVOS: 22	POSITIVOS: 4

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para la Ampliación de la superficie de explotación de la “Mina Aquila”, Aquila, Michoacán.

Etapa de Operación		
Actividad	Factores Afectados	
	Materiales geológicos	Uso potencial del suelo
	Estabilidad	Calidad de vida
	Relieve	Generación de empleo
	Movimientos de material	Consumo de bienes y servicios locales
	Horizontes	
	Erodabilidad del suelo	
	Contaminación	
	Caudal del agua superficial	
	Calidad del agua superficial	
	Recarga de acuíferos	
	Calidad del agua subterránea	
	Gases	
	Ruido	
	Comunidades vegetales	
	Sucesión ecológica	
	Comunidades faunísticas	
	Hábitat	
	Elementos bióticos	
	Paisaje Geomorfológico	
	Elementos hidrológicos	
Uso actual del suelo		
Riesgo de accidentes		
Actividad	Factores Afectados	
Transporte de material	NEGATIVOS: 7	
	POSITIVOS: 5	
	Materiales geológicos	Asentamientos humanos
	Denudación	Calidad de vida
	Polvos	Generación de empleo
	Gases	Desarrollo urbano
	Ruido	Consumo de bienes y servicios locales
	Comunidades faunísticas	
Vialidad y transporte		

Tabla 47 Impactos Ambientales (Negativos y Positivos) en la operación (Beneficio) del Proyecto de la Mina Aquila

Etapa de Operación (Beneficio)		
Actividad	Factores Afectados	
Trituración y molienda	NEGATIVOS: 5	POSITIVOS: 2
	Polvos	Materiales geológicos
	Gases	Generación de empleo
	Ruido	
	Comunidades faunísticas	
	Riesgo de accidentes	
Actividad	Factores Afectados	
Carga.	NEGATIVOS: 9	POSITIVOS: 2
	Contaminación	Calidad del agua subterránea
	Aguas residuales	Generación de empleo
	Calidad del agua superficial	
	Polvos	
	Gases	
	Ruido	
	Comunidades faunísticas	
	Elementos hidrológicos	
	Riesgo de accidentes	
Actividad	Factores Afectados	
Transporte a la planta peletizadora	NEGATIVOS: 7	POSITIVOS: 8
	Polvos	Materiales geológicos
	Gases	Vialidad y transporte
	Ruido	Asentamientos humanos
	Comunidades faunísticas	Calidad de vida
	Hábitat	Generación de empleo
	Elementos bióticos	Consumo de bienes y servicios locales
	Riesgo de accidentes	Recaudación fiscal
	Desarrollo urbano	

Tabla 48 Impactos Ambientales (Negativos y Positivos) en la etapa de Mantenimiento del Proyecto de la Mina Aquila

Etapa de Mantenimiento		
Actividad	Factores Afectados	
Caminos de acceso y acarreo	NEGATIVOS: 5	POSITIVOS: 11
	Relieve	Estabilidad
	Denudación	Movimientos de material
	Polvos	Erodabilidad del suelo
	Ruido	Calidad del agua superficial
	Comunidades faunísticas	Vialidad y transporte
		Asentamientos humanos
		Riesgo de accidentes
		Calidad de vida
		Generación de empleo
		Consumo de bienes y servicios locales
		Desarrollo urbano
Actividad	Factores Afectados	
Vehículos de carga.	NEGATIVOS: 0	POSITIVOS: 7
		Gases
		Ruido
		Riesgo de accidentes
		Calidad de vida
		Generación de empleo
		Consumo de bienes y servicios locales
		Recaudación fiscal
Actividad	Factores Afectados	
Planta de trituración.	NEGATIVOS: 0	POSITIVOS: 7
		Polvos
		Gases
		Ruido
		Riesgo de accidentes
		Calidad de vida
		Generación de empleo
		Recaudación fiscal
Actividad	Factores Afectados	
Instalaciones, oficinas, comedor y sanitarios.	NEGATIVOS: 0	POSITIVOS: 6
		Aguas residuales
		Calidad del agua superficial
		Elementos hidrológicos
		Generación de empleo

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para la Ampliación de la superficie de explotación de la "Mina Aquila", Aquila, Michoacán.

Etapa de Mantenimiento		
Actividad	Factores Afectados	
Mantenimiento y estabilización de terreros		Calidad de vida
		Recaudación fiscal
	NEGATIVOS: 8	POSITIVOS: 10
	Contaminación	Materiales geológicos
	Calidad del agua superficial	Estabilidad
	Calidad del agua subterránea	Movimientos de material
	Polvos	Erodabilidad del suelo
	Gases	Comunidades vegetales
	Ruido	Sucesión ecológica
	Paisaje Geomorfológico	Uso potencial del suelo
	Elementos hidrológicos	Riesgo de accidentes
		Calidad de vida
	Generación de empleo	
Actividad	Factores Afectados	
Zonas reforestadas.	NEGATIVOS: 0	POSITIVOS: 10
		Horizontes
		Erodabilidad del suelo
		Polvos
		Comunidades vegetales
		Sucesión ecológica
		Comunidades faunísticas
		Hábitat
		Uso actual del suelo
		Calidad de vida
		Generación de empleo

Tabla 49 Impactos Ambientales (Negativos y Positivos) en la etapa de Abandono del Proyecto de la Mina Aquila.

Etapa de Abandono		
Actividad	Factores Afectados	
Retiro de Maquinaria	NEGATIVOS: 6	POSITIVOS: 2
	Polvos	Asentamientos humanos
	Gases	Generación de empleo
	Ruido	
	Vialidad y transporte	
	Recaudación fiscal	
	Desarrollo urbano	
Actividad	Factores Afectados	
Desmantelamiento de campamento e instalaciones.	NEGATIVOS: 7	POSITIVOS: 7
	Relieve	Calidad del agua subterránea
	Erodabilidad del suelo	Comunidades vegetales
	Contaminación	Sucesión ecológica
	Aguas residuales	Comunidades faunísticas
	Polvos	Hábitat
	Calidad de vida	Elementos bióticos
	Generación de empleo	Elementos hidrológicos
Actividad	Factores Afectados	
Monitoreo de la estabilidad de los terreros.	NEGATIVOS: 1	POSITIVOS: 4
	Contaminación	Estabilidad
		Relieve
		Denudación
		Generación de empleo
Actividad	Factores Afectados	
Monitoreo y revegetación a zonas reforestadas	NEGATIVOS: 0	POSITIVOS: 8
		Comunidades vegetales
		Sucesión ecológica
		Comunidades faunísticas
		Hábitat
		Elementos bióticos
		Elementos hidrológicos
		Generación de empleo
	Consumo de bienes y servicios locales	
Actividad	Factores Afectados	
Mantenimiento de terreros.	NEGATIVOS: 15	POSITIVOS: 6
	Materiales geológicos	Polvos
	Estabilidad	Gases
	Relieve	Ruido
	Denudación	Elementos hidrológicos
	Movimientos de material	Generación de empleo
Erodabilidad del suelo	Consumo de bienes y servicios locales	

Etapa de Abandono	
Actividad	Factores Afectados
	Calidad del agua superficial
	Calidad del agua subterránea
	Comunidades vegetales
	Sucesión ecológica
	Comunidades faunísticas
	Elementos bióticos
	Paisaje Geomorfológico
	Uso potencial del suelo
	Riesgo de accidentes

Identificación y descripción de los impactos ambientales adversos derivados de la ampliación de la superficie de Explotación de la Mina Aquila.

Como ocurre en cualquier proyecto de desarrollo los impactos ambientales se manifiestan en diferentes intensidades, etapas y actividades, destacando las etapas de Operación, donde se desarrollan las fases de Exploración, Explotación y Beneficio del mineral, por lo cual se ha llevado a cabo un concentrado de **18** impactos ambientales negativos significativos resultantes, con la finalidad de atender el número real de impactos significativos derivados del proyecto; los cuales se agrupados en tres diferentes categorías y se describen a continuación:

Tabla 50. Descripción de los impactos ambientales adversos de la Mina Aquila

ACTIVIDAD DEL PROYECTO	IMPACTOS GENERADOS
Alto Negativo	
Extracción y transporte del mineral.	Esta es la actividad del Proyecto de Ampliación de la Mina Aquila que ejerce el mayor deterioro sobre el entorno, siendo responsable de la modificación permanente de la geología y geomorfología, generación de materiales estériles y por lo tanto la necesidad de conformar los terrenos, también provoca cambios permanentes en el relieve, en la hidrología superficial, afectación indirecta a la vegetación, fauna y hábitat y una severa alteración del paisaje. Se produce la modificación total de la geomorfología y relieve con una geometría artificial por la formación de terrazas para la extracción del material, dejando un sitio con serias dificultades para su rehabilitación.
Depósitos superficiales de terreros	Los materiales estériles generados son transportados a zonas donde no existe la posibilidad de extraer material hematítico o magnético, dando origen a los terreros, formados con grandes volúmenes de materiales escasamente intemperizados, sin que posean la capacidad de liberar a corto plazo, nutrimentos para las plantas, lo cual los presenta como un pobre sustrato para la vegetación. Los grandes volúmenes generados de material estéril demandan una extensión considerable, presentan una gran altura e inestabilidad. Cuando el agua pluvial ingresa al cuerpo de los terreros, se inicia el proceso

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para la Ampliación de la superficie de explotación de la “Mina Aquila”, Aquila, Michoacán.

ACTIVIDAD DEL PROYECTO	IMPACTOS GENERADOS
	de dilución, movilizand o sustancias de hierro (férrico y ferroso), y azufre, que puede originar lixiviados ácidos de H ₂ S y compuestos oxidados de hierro, que afectaría la composición de corrientes hidrológicas superficiales y la vida acuática.
Medio Negativo	
Construcción de caminos de acceso y acarreo.	La construcción de caminos de acceso y acarreo produce la desaparición permanente de la vegetación, una modificación del relieve y del patrón de escorrentía superficial, la erosión del suelo, así como gases de combustión a la atmósfera, polvos y ruidos
Tajos	Los tajos producidos para la extracción del mineral de interés, provoca cambios a la geomorfología y al paisaje, así como afectaciones indirectas a la fauna silvestre; se presentan emisiones de gases, polvos y ruidos por la operación de la maquinaria pesada y equipos.
Formación de niveles	La formación de niveles para el aprovechamiento del mineral siderítico, provoca cambios a la geomorfología y al paisaje, así como afectaciones a la fauna silvestre, gases, polvos y ruidos por la operación permanente de maquinaria pesada y equipos.
Despalme de la capa superficial del suelo	La eliminación de la capa edáfica superficial, es una afectación permanente e irreversible, eliminando el sustrato fértil para el establecimiento de la vegetación, exponiendo el material geológico a los distintos procesos de intemperización.
Carga y uso de explosivos.	La carga y uso de explosivos es una actividad muy simple, pero altamente riesgosa, lo cual requiere ser realizada con extremo cuidado y con personal altamente capacitado. Se generan ruidos y polvos, así como material fragmentado que es lanzado al aire, afectando un radio cercano al sitio de detonación.
Rampas de acceso	La construcción de rampas de acceso modifica el relieve, produce cambios en la escorrentía superficial, así como efectos indirectos sobre la fauna y calidad del aire.
Nivelación y relleno de caminos de acceso.	Estas actividades son componentes del proceso de mantenimiento de los caminos de acceso y de acarreo de materiales, los cuales es muy importante mantenerlos en buen estado, a fin de garantizar el movimiento de maquinaria, vehículos de carga y equipo pesado. Se requiere el transporte de material y compactación con equipo pesado, que se asocia a la generación de ruidos y polvos.
Bajo Negativo	
Desmonte de la vegetación.	El desmonte de toda la vegetación es un impacto inevitable, ya que es necesario eliminar por completo la cubierta vegetal para dar inicio a las siguientes actividades, como es el despalme y descubrir los yacimientos. Indirectamente son afectados la fauna y el hábitat.
Carga.	Se considera el movimiento de la maquinaria pesada para localizar los materiales ferrosos en los yunques, lo cual demanda el uso de equipo pesado y maquinaria, traducido en emisiones de gases de combustión, ruido y polvos durante todo el procedimiento.
Retiro de Maquinaria	Esta actividad corresponde a la etapa de abandono, cuando se proceda al desmantelamiento y retiro instalaciones, maquinaria y equipo, provocando ruido, polvos y gases de combustión, que afectaran temporalmente a la fauna silvestre y la calidad del aire.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para la Ampliación de la superficie de explotación de la “Mina Aquila”, Aquila, Michoacán.

ACTIVIDAD DEL PROYECTO	IMPACTOS GENERADOS
Almacén, Comedor, Inst. sanitarias, electricidad y oficinas	Estos impactos corresponden a la construcción de las instalaciones auxiliares al proceso de la extracción del material ferroso, donde se hará necesario desmontar la vegetación, despallar el suelo y aprovechar el espacio para incorporar las instalaciones necesarias.
Barrenación con equipo neumático	Se consideran la barrenación con equipo neumático una actividad que afecta al medio con la generación de ruido y gases de combustión.
Servicio médico y respuesta a emergencias	Estos impactos corresponden a la construcción de las instalaciones auxiliares destinadas al servicio médico, salud e higiene en el trabajo, y la respuesta a emergencias, afectando a la vegetación y suelo
Transporte de material	La carga del material ferroso es transportada en góndolas con una capacidad de 35 Toneladas hacia la ciudad de Tecoman, por terracería y la carretera asfaltada, produciendo ruido de los motores, gases de combustión y polvos, principalmente durante la temporada de sequía.
Desmantelamiento de campamento e instalaciones	Esta actividad corresponde a la etapa de abandono, cuando se proceda al desmantelamiento de campamentos e instalaciones, que provocara ruido y polvos de manera temporal, así como residuos de las instalaciones, aunado al cierre de empleos, directos e indirectos, los cuales afectaran a la población local y finalmente, el abandono del sitio, que se traduce en un impacto social de alta significancia.
Trituración y molienda	Corresponde a las actividades realizadas en la Planta, tales como la trituración, molienda y separación de los materiales ferrosos de interés, donde se generan ruidos y polvos de manera permanente, así como riesgos de accidentes laborales.

IMPACTOS GENERADOS POR LAS DISTINTAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO.

Extracción y transporte del mineral.

Esta es la actividad del Proyecto de Ampliación de la Mina Aquila que ejerce el mayor deterioro sobre el entorno, siendo responsable de la modificación permanente de la geología y geomorfología, generación de materiales estériles y por lo tanto la necesidad de conformar los terrenos, cuya inestabilidad puede provocar derrumbes de una gran magnitud y afecta una superficie importante, también provoca cambios permanentes en el relieve, afectaciones de mediano plazo en la hidrología superficial, afectación indirecta temporal a la vegetación, fauna y hábitat y una severa y permanente alteración del paisaje local.

Esta actividad se asocia a la producción de la modificación total de la geomorfología y relieve con una geometría artificial por la formación de terrazas para la extracción del material, dejando un sitio con serias dificultades para su rehabilitación.

Depósitos superficiales de terreros

Los materiales estériles generados son transportados a zonas donde no existe la posibilidad de extraer material hematítico o magnético, dando origen a los terreros, formados con grandes volúmenes de materiales escasamente intemperizados, sin que posean la capacidad de liberar a corto plazo, nutrimentos para las plantas, lo cual los presenta como un pobre sustrato para la vegetación.

Los grandes volúmenes generados de material estéril demandan una extensión considerable, presentan una gran altura e inestabilidad.

Cuando el agua pluvial ingresa al cuerpo de los terreros, se inicia el proceso de dilución, movilizand o sustancias de hierro (férrico y ferroso), y azufre, que puede originar lixiviados ácidos de H₂S y compuestos oxidados de hierro, que afectaría la composición de corrientes hidrológicas superficiales y la vida acuática.

Construcción de caminos de acceso y acarreo.

La construcción de caminos de acceso y acarreo produce la desaparición permanente de la vegetación, una modificación del relieve y del patrón de escorrentía superficial, la erosión del suelo, así como gases de combustión a la atmósfera, polvos y ruidos

Tajos

Los tajos producidos para la extracción del mineral de interés, provoca cambios a la geomorfología y al paisaje, así como afectaciones indirectas a la fauna silvestre; se presentan emisiones de gases, polvos y ruidos por la operación de la maquinaria pesada y equipos.

Formación de niveles

La formación de niveles para el aprovechamiento del mineral siderítico, provoca cambios a la geomorfología y al paisaje, así como afectaciones a la fauna silvestre, gases, polvos y ruidos por la operación permanente de maquinaria pesada y equipos.

Despalme de la capa superficial del suelo

La eliminación de la capa edáfica superficial, es una afectación permanente e irreversible, eliminando el sustrato fértil para el establecimiento de la vegetación, exponiendo el material geológico a los distintos procesos de intemperización.

Carga y uso de explosivos.

La carga y uso de explosivos es una actividad muy simple, pero altamente riesgosa, lo cual requiere ser realizada con extremo cuidado y con personal altamente capacitado. Se generan ruidos y polvos, así como material fragmentado que es lanzado al aire, afectando un radio cercano al sitio de detonación.

Rampas de acceso

La construcción de rampas de acceso modifica el relieve, produce cambios en la escorrentía superficial, así como efectos indirectos sobre la fauna y calidad del aire.

Nivelación y relleno de caminos de acceso.

Estas actividades son componentes del proceso de mantenimiento de los caminos de acceso y de acarreo de materiales, los cuales es muy importante mantenerlos en buen estado, a fin de garantizar el movimiento de maquinaria, vehículos de carga y equipo pesado. Se requiere el transporte de material y compactación con equipo pesado, que se asocia a la generación de ruidos y polvos.

Desmonte de la vegetación.

El desmonte de toda la vegetación es un impacto inevitable, ya que es necesario eliminar por completo la cubierta vegetal para dar inicio a las siguientes actividades, como es el despalme y descubrir los yacimientos. Indirectamente son afectados la fauna y el hábitat.

Carga.

Se considera el movimiento de la maquinaria pesada para localizar los materiales ferrosos en los camiones fuera de camino, lo cual demanda el uso de equipo pesado y maquinaria, traducido en emisiones de gases de combustión, ruido y polvos durante todo el procedimiento.

Retiro de Maquinaria

Esta actividad corresponde a la etapa de abandono, cuando se proceda al desmantelamiento y retiro instalaciones, maquinaria y equipo, provocando ruido, polvos y gases de combustión, que afectaran temporalmente a la fauna silvestre y la calidad del aire.

Almacén, Comedor, Instalaciones sanitarias, electricidad y oficinas

Estos impactos corresponden a la construcción de las instalaciones auxiliares al proceso de la extracción del material ferroso, donde se hará necesario desmontar la vegetación, despallar el suelo y aprovechar el espacio para incorporar las instalaciones necesarias.

Barrenación con equipo neumático

Se consideran la barrenación con equipo neumático una actividad que afecta al medio con la generación de ruido y gases de combustión.

Servicio médico y respuesta a emergencias

Estos impactos corresponden a la construcción de las instalaciones auxiliares destinadas al servicio médico, salud e higiene en el trabajo, y la respuesta a emergencias, afectando a la vegetación y suelo de una superficie reducida.

Transporte de material

La carga del material ferroso es transportada en góndolas con una capacidad de 35 toneladas hacia una estación de transferencia ubicada en la zona industrial de la ciudad de Tecoman, por terracería y la carretera asfaltada, produciendo ruido de los motores, gases de combustión y polvos, principalmente durante la temporada de sequía.

Desmantelamiento de campamento e instalaciones

Esta actividad corresponde a la etapa de abandono, cuando se proceda al desmantelamiento de campamentos e instalaciones, que provocara ruido y polvos de manera temporal, así como residuos de las instalaciones, aunado al cierre de empleos, directos e indirectos, los cuales afectaran a la población local y finalmente, el abandono del sitio, que se traduce en un impacto social de alta significancia y que habría que establecer proyectos productivos desde ahora para atender esta perdida de empleo y alternativas de una movilidad social de la población local.

Trituración y molienda

Corresponde a las actividades realizadas en la Planta, tales como la trituración, molienda y separación de los materiales ferrosos de interés, donde se generan ruidos y polvos de manera permanente, así como riesgos de accidentes laborales.

V.1.1 Indicadores de impacto

A continuación se presenta una serie de índices cuantitativos o cualitativos que permiten evaluar la dimensión de las alteraciones que podrán producirse como consecuencia del establecimiento de la ampliación de la superficie de Extracción de la Mina Aquila, donde se ha considerado incluir aquellos que puedan ser representativos, relevantes, medibles y de fácil identificación y seguimiento.

Por otra parte y dado que estos indicadores de impacto, varían a lo largo del tiempo, de acuerdo a la etapa en que se encuentra el proceso, se presentan para cada fase del proyecto la factibilidad de su aplicación, cuyo nivel de detalle y cuantificación se irán presentando, evaluando, analizando y atendiendo con la medida de mitigación respectiva, de acuerdo al momento de desarrollo del proyecto.

Tabla 51. Índices Cuantitativos para el seguimiento de los impactos ambientales derivados de la Ampliación de la superficie de extracción de la Mina Aquila.

Factor Ambiental atendido	Indicador de Impacto Ambiental	Etapa			
		Preparación	Operación	Mantenimiento	Abandono
Geomorfología, relieve e Inestabilidad	Superficie afectada de la geomorfología	X	X		
	Superficie afectada con la formación de terreros		X	X	
Vegetación, Fauna, Hábitat y Paisaje	Superficie afectada con cobertura vegetal	X		X	X
	Numero de organismos arbóreos propagados			X	X
	Supervivencia de organismos arbóreos sembrados			X	X
	Superficie de los terreros rehabilitada con gramíneas			X	X
Suelo	Volumen de suelo almacenado y reutilizado	X		X	X
Hidrología Superficial	Modificación de la calidad del agua superficial		X	X	X
	Volumen de partículas sólidas retenidas en los cauces		X	X	X
Residuos Peligrosos	Volumen de residuos peligrosos generados	X	X	X	X
Seguridad e higiene en el trabajo	Numero de accidentes laborales por actividad	X	X	X	X

Como se observa en el cuadro anterior, los Indicadores de Impacto Ambiental seleccionados cubren prácticamente todos los factores ambientales que se identificaron como susceptibles de sufrir algún tipo de afectación, lo cual permite un monitoreo, valoración y atención a los

diferentes atributos y en consecuencia, tener presente la necesidad de dar cumplimiento a las medidas de mitigación precisas para atender y compensar las modificaciones negativas que habrán de ocurrir en el sitio del proyecto.

V.1.2 Lista indicativa de indicadores de impacto

En el siguiente cuadro se detallan los indicadores o índices de impacto ambiental enunciados para el Proyecto de Ampliación de la superficie de Extracción de la Mina Aquila, incluyendo la forma de evaluación o medición, así como el comportamiento del indicador a lo largo del tiempo.

Tabla 52. Cuantificación y seguimiento de los indicadores de Impacto ambiental de la Mina Aquila.

Indicador de Impacto Ambiental	Elementos de evaluación
Superficie afectada de la geomorfología	Este indicador incluye la modificación permanente del relieve y la valoración de la inestabilidad de los terreros. Cuantificar la superficie inicial sin afectación, y posteriormente de manera periódica cuantificar el área afectada, señalando las áreas con mayor grado de riesgo geológico, asociado a derrumbes y movimientos de material.
Superficie afectada con la formación de terreros	Cuantificar la superficie inicial sin afectación, y posterior de manera periódica cuantificar el área afectada, señalando las áreas con mayor grado de inestabilidad, movimientos de material e indicios de agrietamiento o corrimiento en la superficie.
Superficie afectada con cobertura vegetal	Cuantificar la superficie inicial que presenta una cobertura vegetal de selva media y baja, y posteriormente cuantificar el área afectada por las actividades del proyecto.
Numero de organismos arbóreos propagados	Considerar el número de especies protegidas o endémicas afectadas, ya sea mediante su propagación vegetativa u otro tipo de germoplasma.
Supervivencia de organismos arbóreos sembrados	Desarrollar campañas de revegetación en diferentes espacios, ya sea predios bajo el control de la Mina Aquila o terrenos en recuperación, o parcelas agrícolas o ganaderas y cuantificar el número de organismos sembrados y la tasa de sobrevivencia.
Superficie de los terreros rehabilitada con gramíneas	Cuantificar o estimar la superficie de los terreros y cuantificar la superficie cubierta o rehabilitada por la presencia de gramíneas o especies herbáceas
Volumen de suelo almacenado y reutilizado	Cuantificar el volumen de suelo retirado y almacenado, para posteriormente ser utilizado en actividades de recuperación ecológica, ya sea dentro del predio afectado o en otros terrenos.
Modificación de la calidad del agua superficial	Realizar la caracterización periódica del agua superficial, considerando parámetros básicos como pH, sólidos suspendidos totales, conductividad eléctrica, color y temperatura.
Sólidos suspendidos totales y volumen de partículas sólidas retenidas en los cauces	Conocer la cantidad de sólidos suspendidos totales al inicio y durante el desarrollo de las actividades y cuantificar el volumen de material suspendido retenido en las represas de decantación colocadas en el Arroyo La Abuela y Los Tenamaxtles.
Volumen de residuos peligrosos generados	Desarrollar un inventario de la cantidad de sustancias peligrosas utilizadas y la cuantificación de residuos generados.
Numero de accidentes laborales por actividad	Llevar periódicamente un registro pormenorizado de los accidentes e incidentes de todas las áreas de trabajo.

V.1.3 Criterios y metodologías de evaluación

V.1.3.1 Criterios

Los criterios para la ponderación de la Importancia relativa de los impactos Ambientales se describen a continuación, donde los impactos ambientales identificados son sometidos a un proceso de evaluación asignando un valor estimado para jerarquizar su importancia relativa, estableciéndose un valor de 2 para ponderaciones de la mayor relevancia y cero para cuando el impacto es insignificante. Los criterios de importancia relativa a utilizar en la ampliación de la superficie de aprovechamiento de la Mina Aquila son los siguientes:

a) Naturaleza. Carácter de beneficioso o perjudicial Signo “+” o “-”

Para el caso de este proyecto, se utilizó el signo "-" para identificar un impacto perjudicial (negativo) y el signo "+", o la ausencia de signo para la identificación de un impacto benéfico (positivo). Impacto positivo (+) es aquél admitido como tal, por el grupo evaluador en el contexto de un análisis completo de afectaciones y beneficios generados y de aspectos externos de la actuación contemplada. Impacto negativo (-) su efecto se traduce en pérdida de valor natural, estético-cultural, paisajístico, de productividad ecológica o en aumento de los perjuicios derivados de la contaminación, erosión y demás riesgos ambientales en discordancia con la estructura ecológico-geográfica, carácter y funcionalidad de una zona determinada.

b) Intensidad (IN)

Este término se refiere al grado de incidencia de la acción o actividad sobre el factor ambiental, en el ámbito específico en el que actúa. La escala de valoración estará comprendida entre 0 y 2, en el que 2 expresará una destrucción total del factor donde se produce el efecto y el 1 una afectación media y 0 una afectación mínima.

c) Extensión (EX)

Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto (% de área, respecto al entorno, en que se manifiesta el efecto). Si la acción produce un efecto muy localizado, se considerará que el impacto tiene un carácter Puntual (0). Si el efecto no admite una ubicación precisa dentro del entorno del proyecto, teniendo una influencia generalizada en todo el mismo, el impacto será total (2), considerando las situaciones intermedias, según su graduación, como impacto parcial y extenso (1). En el caso de que el efecto sea puntual pero se produzca en un lugar crítico (como el vertido próximo y aguas arriba de una toma de agua, degradación paisajística en una zona muy visitada o cerca de un centro urbano, etc.) se le atribuirá un valor máximo por encima del que le correspondería en función del porcentaje de extensión en que se manifiesta y, en el caso de considerar que es

peligroso y sin la posibilidad de introducir medidas de mitigación, se recomienda buscar otra alternativa al proyecto, anulando la causa que produce este efecto.

d) Momento (MO)

El plazo de manifestación del impacto alude al tiempo transcurrido entre la ejecución de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor del medio considerado. Cuando el tiempo transcurrido sea nulo, el momento será inmediato, y si es inferior a un año, corto plazo, asignándole en ambos casos un valor (0); si el periodo transcurrido va de 1 a 5 años, el momento se considera de mediano plazo con un valor (1), y si el efecto tarda en manifestarse más de cinco años, se considera el momento de largo plazo, asignándosele un valor de 2.

e) Persistencia (PE)

Se refiere al tiempo de permanencia del efecto desde su aparición y a partir del cual el efecto retornaría a sus condiciones originales previas a la acción por medios naturales, o mediante la acción de medidas de mitigación. Si la permanencia de un efecto tiene lugar durante menos de un año, se considera un efecto fugaz, asignándole un valor (0). Si dura entre 1 y 10 años se considera temporal (1) y si el efecto tiene una duración superior a los 10 años, se considera el efecto como permanente, teniendo un valor de (2). La persistencia es independiente de la reversibilidad.

f) Reversibilidad (RV)

Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales por medios naturales una vez que la acción ha dejado de actuar sobre el medio. Si esto sucede a corto plazo, se le asigna un valor de (0). Los intervalos de tiempo comprendidos son los mismos que los asignados a persistencia, es decir si es reversible entre 1 y 10 años se le asigna el valor de (1) y si el efecto tarda en regresar a sus condiciones naturales con una duración superior a los 10 años o no regresa a sus condiciones originales, se considera el efecto como irreversible, teniendo un valor de (2).

g) Recuperabilidad (MC)

Se entiende bajo este concepto la posibilidad de reconstrucción total o parcial del factor afectado como consecuencia del proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones previas a la actuación, por medio de la intervención humana (introduciendo medidas correctivas o de mitigación) y por lo tanto siempre tendrá una naturaleza positiva. Si el efecto es totalmente recuperable, se le asigna un valor (2) según sea de corto o mediano plazo, si lo es parcialmente, el efecto es mitigable, tomando un valor de (1). Cuando el efecto es irrecuperable (alteración imposible de reparar, tanto por la acción natural como por la

acción humana) se le asigna un valor (0). En el caso de ser irrecuperable, pero con posibilidad de introducir medidas compensatorias, el valor asignado será (0).

h) Sinergia (SI)

Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos o impactos singulares o aislados. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente no simultánea. Cuando una acción actuando sobre un factor no es sinérgica con otras acciones que actúan sobre el mismo factor, el atributo toma un valor (0). Si presenta un sinergismo moderado se le asigna un valor de 1 y si es altamente sinérgico se le asigna un valor de 2. Cuando se presenten casos de debilitamiento, la valoración del efecto tiene valores negativos, incrementando el valor de la importancia del impacto.

i) Acumulación (AC)

Bajo este criterio se evalúa al incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste de manera continuada o reiterada la acción que lo genera. Cuando una acción no produce efectos acumulativos (acumulación simple), el efecto se valora como (0), Si el efecto producido es acumulativo el valor se incrementa a (2), un efecto acumulativo incipiente o que existe una cierta posibilidad de ocurrencia tendrá un valor de (1)

j) Efecto (EF)

Se refiere a la relación causa-efecto, o sea, la forma de manifestación del efecto sobre un factor como consecuencia de la acción. El efecto puede ser directo o primario, siendo en este caso la repercusión de la acción es una consecuencia directa. En el caso de que el efecto sea indirecto o secundario, su manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando como una acción de segundo orden. El término toma un valor de (0) en el caso de que el efecto sea secundario y un valor (2) cuando sea directo.

k) Periodicidad (PR)

Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, ya sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular) o constante en el tiempo (efecto continuo). A los efectos continuos se les asigna un valor (2), a los periódicos (1) y a los impactos de aparición irregular o intermitente y los evaluados en términos de probabilidad de ocurrencia como discontinuos, se les asigna un valor de (0).

l) Importancia del impacto

El valor de la importancia del impacto se obtiene a partir de la relación aritmética de los diferentes atributos considerados anteriormente y con la siguiente relación:

$$I = + / - (IN+EX+MO+PE+RV+MC+SI+AC+EF+PR)$$

De manera resumida en el siguiente cuadro se sintetiza la ponderación de los diez atributos de los impactos identificados.

Tabla 53. Ponderación de los impactos ambientales del Proyecto Mina Aquila.

Tipo de Impacto	Categoría	Ponderación
NATURALEZA (POSITIVO “+” O NEGATIVO “-”)	BENÉFICO	+
	PERJUDICIAL	-
INTENSIDAD (IN)	BAJA	0
	MEDIA	1
	ALTA	2
EXTENSIÓN (EX)	PUNTUAL O PARCIAL	0
	EXTENSO	1
	REGIONAL O CRÍTICO	2
MOMENTO (MO)	CORTO PLAZO O INMEDIATO	0
	MEDIANO PLAZO	1
	LARGO PLAZO O CRITICO	2
PERSISTENCIA (PE)	FUGAZ	0
	TEMPORAL	1
	PERMANENTE	2
REVERSIBILIDAD (RV)	CORTO PLAZO	0
	MEDIANO PLAZO	1
	IRREVERSIBLE	2
RECUPERABILIDAD (MC)	RECUPERABLE DE MANERA INMEDIATA	0
	RECUPERABLE A MEDIANO PLAZO O MITIGABLE	1
	IRRECUPERABLE	2
SINERGIA(SI)	SIN SINERGISMO (SIMPLE)	0
	SINÉRGICO	1
	MUY SINÉRGICO	2
ACUMULACIÓN (AC)	SIMPLE	0
	INCIPIENTE O CON POSIBILIDAD DE OCURRENCIA	1
	ACUMULATIVO	2
EFECTO (EF)	INDIRECTO (SECUNDARIO)	0
	DIRECTO	2
PERIODICIDAD (PR)	IRREGULAR O APERIÓDICO Y DISCONTINUO	0
	PERIÓDICO	1
	CONTINUO	2

Los cuadros donde se muestra la ponderación de los impactos identificados se incluye en los anexos.

V.1.3.2 Metodologías de evaluación y justificación de la metodología seleccionada

Como se menciona anteriormente para la identificación de impactos ambientales fue utilizada la Matriz de Leopold modificada, que describe las acciones necesarias para la evaluación de los impactos ambientales identificándolos con base en su presencia, para posteriormente ponderar sus diez atributos del impacto. Este método, en conclusión, fue modificado y adaptado al presente proyecto, reduciendo el número de actividades y elementos ambientales a un número manejable, descansan o su valor en la capacidad y juicio de los evaluadores.

Para la identificación de los impactos se elaboró una matriz de correlación; en un arreglo matricial de doble entrada, en cuyas columnas se ubicarán cada una de las obras y actividades que contempla el proyecto; y en las filas se ubicarán cada uno de los factores ambientales susceptibles de ser alterados. Las etapas y actividades para evaluar el proyecto son:

Tabla 54. Matriz de actividades de la Mina Aquila, Michoacán.

ETAPA	ACTIVIDAD
SELECCIÓN DEL SITIO	Barrenación para muestreo
	Análisis metalúrgicos de muestras
	Modelación de yacimientos potenciales.
	Estudios topográficos.
	Estudios preliminares para caminos de acceso.
	Reconocimiento de vegetación y fauna
	Estudio de cambio de uso de suelo.
	Estudios legales
ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO	Desmonte de la vegetación.
	Despalme de la capa superficial del suelo
	Nivelación y relleno de caminos de acceso.
ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DE OBRAS ASOCIADAS	Construcción de caminos de acceso y acarreo.
	Servicio médico y respuesta a emergencias
	Almacenes, Comedor, Instalaciones sanitarias, energía eléctrica y oficinas
• ETAPA DE OPERACIÓN (OBRAS MINERAS)	
EXPLORACIÓN	Barrenación con equipo neumático
	Extracción de muestras del mineral.
EXPLOTACIÓN	Formación de niveles
	Rampas de acceso
	Realización de Tajos del material geológico
	Manejo del Polvorín
	Carga y uso de explosivos.
	Depósitos superficiales de terreros
	Transporte de material
BENEFICIO	Trituración y molienda
	Carga de materiales.
	Transporte a la planta peletizadora

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para la Ampliación de la superficie de explotación de la “Mina Aquila”, Aquila, Michoacán.

ETAPA	ACTIVIDAD
ETAPA DE MANTENIMIENTO	Mantenimiento de caminos.
	Mantenimiento de vehículos de carga.
	Mantenimiento de la planta de trituración.
	Mantenimiento de oficinas, comedor y sanitarios.
	Mantenimiento y estabilización de terreros
	Mantenimiento a zonas reforestadas.
ETAPA DE ABANDONO DEL SITIO	Retiro de la maquinaria.
	Desmantelamiento de campamento e instalaciones.
	Monitoreo de la estabilidad de los terreros.
	Monitoreo y revegetación a zonas reforestadas
	Monitoreo y mantenimiento de terreros.

Factores ambientales

Para analizar los impactos a los distintos atributos ambientales fue necesario reconocer los factores ambientales que sufrirán afectaciones por las actividades del proyecto de ampliación de la Mina Aquila. A continuación se presenta un listado de factores clasificados por categorías:

Tabla 55. Factores ambientales potencialmente afectables por el proyecto Mina Aquila.

MEDIO	ELEMENTO AMBIENTAL	COMPONENTE	ATRIBUTO
Medio Natural	Abiótico	Geología	Materiales geológicos
			Estabilidad
		Geomorfología	Relieve
			Denudación
			Movimientos de material
		Suelo	Horizontes
			Erodabilidad del suelo
			Contaminación
		Agua Superficial	Caudal del agua superficial
			Aguas residuales
			Calidad del agua superficial
		Agua Subterránea	Recarga de acuíferos
	Calidad del agua subterránea		
	Aire	Polvos	
		Gases	
		Ruido	
	Biótico	Vegetación	Comunidades vegetales
			Sucesión ecológica
Fauna		Comunidades faunísticas	
		Hábitat	
Paisaje		Elementos bióticos	
		Paisaje Geomorfológico	
Medio socioeconómico	Social	Uso del suelo	Uso potencial del suelo
			Uso actual del suelo
		Elementos Urbanos	Vialidad y transporte
			Asentamientos humanos
		Salud y Seguridad social	Riesgo de accidentes
			Calidad de vida
	Económico	Directo	Generación de empleo
			Consumo de bienes y servicios locales
			Recaudación fiscal
		Indirecto	Desarrollo urbano

De esta forma se identificaron **37** Actividades durante todas las etapas para la Mina Aquila y **33** elementos del medio natural y socioeconómico sobre los cuales la obra ejerce algún tipo de interacción. Con estas variables se llevó la identificación y evaluación de los impactos ambientales, y de manera subsiguiente determinar el nivel de impactabilidad de las actividades y establecer o diseñar las medidas de mitigación encaminadas a reducir el nivel de afectación de cada uno de los elementos ambientales a lo largo de la vida del proyecto.

Para cuantificar las interacciones entre las actividades del proyecto y los elementos ambientales de los medios natural y socioeconómico se diseñó una matriz de correlación, la cual permite conocer el nivel de impactabilidad de las actividades y el nivel de afectabilidad de los elementos sociales, económicos o naturales. De esta manera se tiene un índice que resulta en un número para una categorización y mejor comprensión del impacto ambiental generado por el proyecto. Estos índices permiten deducir dentro de una escala predeterminada de 0 a 20 y en escala porcentual, la relación entre el agente generador de impactos con el elemento impactado; el primero califica de cada una de las actividades del proyecto su capacidad de generar impactos sobre los diferentes elementos analizados, mientras que el segundo permite conocer cuáles serán los elementos más afectados.

De esta manera se conocen las actividades que propician desde una sola afectación hasta aquellas que son capaces de provocar un amplio espectro de impactos al medio; por otra parte, en ésta interacción identificada, se reconocen los elementos más susceptibles de ser afectados por una sola actividad o por varias durante cada una de las etapas del proyecto.

Ponderación de los impactos ambientales de la ampliación de la Superficie de Explotación de la Mina Aquila.

Dentro de la ponderación de los impactos ambientales identificados se tiene el siguiente cuadro que muestra la jerarquía de los efectos negativos producidos por la ampliación del área reexplotación de la Mina Aquila, donde destaca las actividades de Extracción y transporte del mineral, Depósitos superficiales de terreros, Construcción de caminos de acceso y acarreo, Tajos, Formación de niveles, Despalme de la capa superficial del suelo, Carga y uso de explosivos, Rampas de acceso, Desmonte de la vegetación Nivelación y relleno de caminos de acceso, actividades que están asociadas al empleo de maquinaria y equipo pesado, lo cual se traduce en gases de combustión, demanda de combustibles, polvos por el tránsito de todos los equipos, así como ruidos intermitentes, que ahuyentan y provocan la migración de la fauna.

El siguiente cuadro muestra los intervalos ponderados para clasificar los impactos tanto negativos y positivos y ofrecer un panorama de las distintas actividades identificadas como generadoras de impacto; asimismo en el anexo se incluyen las matrices de ponderación.

Tabla 56. Intervalos de los Impactos Negativos y Positivos generados por las actividades del Proyecto de Ampliación de la Mina Aquila, Michoacán.

IMPACTOS NEGATIVOS		
Límite superior	Límite inferior	Categoría
-254.0	-170	Alto Negativo
-169.0	-85	Medio Negativo
-84.0	0	Bajo Negativo
IMPACTOS POSITIVOS		
Límite superior	Límite inferior	Categoría
131.0	89	Alto Positivo
88.0	44	Medio Positivo
43.0	0	Bajo Positivo

A partir de las categorías asignadas, el cuadro siguiente muestra la relación de las actividades desde las que presentan la mayor impactabilidad hasta la que producen afectaciones mínimas, que pueden ser atendidas o minimizadas con la aplicación de medidas correctivas en aquellas actividades de mayor afectación.

Tabla 57 Impactos Negativos generados por las actividades del Proyecto de Ampliación de la Mina Aquila, Michoacán.

ACTIVIDAD DEL PROYECTO	PONDERACIÓN	CATEGORÍA
Extracción y transporte del mineral.	-254.0	Alto Negativo
Depósitos superficiales de terreros	-178.0	Alto Negativo
Construcción de caminos de acceso y acarreo.	-166.0	Medio Negativo
Tajos	-133.0	Medio Negativo
Formación de niveles	-130.0	Medio Negativo
Despalme de la capa superficial del suelo	-118.0	Medio Negativo
Carga y uso de explosivos.	-99.0	Medio Negativo
Rampas de acceso	-92.0	Medio Negativo
Nivelación y relleno de caminos de acceso.	-87.0	Medio Negativo
Desmante de la vegetación.	-72.0	Bajo Negativo
Carga.	-56.0	Bajo Negativo
Retiro de Maquinaria	-27.0	Bajo Negativo
Almacén, Comedor, Inst. sanitarias, electricidad y oficinas	-24.0	Bajo Negativo
Barrenación con equipo neumático	-24.0	Bajo Negativo
Servicio médico y respuesta a emergencias	-14.0	Bajo Negativo
Transporte de material	-14.0	Bajo Negativo
Desmantelamiento de campamento e instalaciones.	-12.0	Bajo Negativo
Trituración y molienda	-11.0	Bajo Negativo

En caso contrario, las actividades del proyecto de la Mina Aquila, producen diversos impactos ambientales positivos, dentro de los cuales los más significativos se derivan del Mantenimiento de terreros, debido a la importancia que exige el otorgarle una estabilidad permanente y mantenimiento, aunado a los diferentes estudios necesarios para hacer viable el proyecto, como son el Reconocimiento de la vegetación y fauna, estudios preliminares para caminos de acceso, hidrológicos, topográficos, metalúrgicos, legales, entre otros que son elementos para una buena toma de decisiones, lo cual permite el diseño de una buena planeación en el desarrollo del proyecto. Dentro de los impactos positivos se tienen los asociados con la reintroducción de especies vegetales, que repercuten en el hábitat y el paisaje, así como la operación de la planta trituradora, donde se obtiene el mineral de interés para el proyecto. El siguiente cuadro muestra el listado de las actividades con impactos positivos derivados del proyecto.

Tabla 58. Impactos Positivos generados por las actividades del Proyecto de Ampliación de la Mina Aquila, Michoacán.

ACTIVIDAD DEL PROYECTO	PONDERACIÓN	CATEGORÍA
Barrenación para muestreo	9.0	Bajo Positivo
Estudio de cambio de uso de suelo.	9.0	Bajo Positivo
Análisis metalúrgicos de muestras	15.0	Bajo Positivo
Modelación de yacimientos potenciales.	15.0	Bajo Positivo
Monitoreo de la estabilidad de los terreros.	30.0	Bajo Positivo
Manejo del Polvorín	31.0	Bajo Positivo
Mantenimiento y estabilización de terreros	50.0	Medio Positivo
Estudios preliminares para caminos de acceso.	51.0	Medio Positivo
Estudios legales	56.0	Medio Positivo
Transporte a la planta peletizadora	58.0	Medio Positivo
Instalaciones, oficinas, comedor y sanitarios.	60.0	Medio Positivo
Estudios Hidrológicos	63.0	Medio Positivo
Vehículos de carga.	63.0	Medio Positivo
Monitoreo y revegetación a zonas reforestadas	65.0	Medio Positivo
Caminos de acceso y acarreo	75.0	Medio Positivo
Estudios topográficos.	87.0	Medio Positivo
Zonas reforestadas.	92.0	Alto Positivo
Planta de trituración.	97.0	Alto Positivo
Reconocimiento de vegetación y fauna	101.0	Alto Positivo
Mantenimiento de terreros.	131.0	Alto Positivo

El siguiente cuadro muestra los intervalos ponderados para clasificar los factores que sufren algún tipo de impacto ambiental, tanto negativo como positivos, lo cual permitirá el diseño de las medidas de mitigación, encaminadas a la reducción de las afectaciones negativas previstas.

Tabla 59. Intervalos de los Impactos Negativos y Positivos sobre los factores ambientales del Proyecto de Ampliación de la Mina Aquila, Michoacán

Límite superior	Límite inferior	Categoría
133	90.3	Alto Negativo
90	47.3	Medio Negativo
47	5.0	Bajo Negativo
Límite superior	Límite inferior	Categoría
435	290.3	Alto Positivo
290	145.3	Medio Positivo
145	1.0	Bajo Positivo

Al analizar los diversos factores ambientales afectados por las distintas etapas del proyecto, se tiene que existe una asociación entre los factores físicos como son el afecto negativo sobre la modificación permanente irreversible del Paisaje Geomorfológico, inherente al movimiento, extracción y transporte de material tanto con buena ley como estéril, la denudación de los materiales geológicos y del suelo, la modificación del Relieve, sobre todo con la extracción de los materiales y aunado con la formación de los terreros con materiales estériles, así como la desaparición de los Horizontes edáficos, contaminación del suelo, subsuelo e hidrología, y el conjunto de factores bióticos, como la migración de las Comunidades faunísticas y vegetales, aunado a la modificación e incluso la desaparición del hábitat.

Finalmente se presenta los impactos asociados a los elementos atmosféricos, como es la emisión de gases de combustión a la atmósfera, la liberación de polvos fugitivos y la presencia de ruidos, tanto de carácter intermitente como permanentes.

Destaca como parte del proceso productivo, la posibilidad o riesgos de accidentes, lo cual debe ser atendido, aprovechando la implementación del Reglamento de Seguridad para toda la Empresa Ternium-Hylsa.

El siguiente cuadro muestra la ponderación de los impactos negativos por factor ambiental.

Tabla 59. Factores ambientales afectados por el proyecto de ampliación de la Mina Aquila, Michoacán

FACTOR AMBIENTAL	PONDERACIÓN	CATEGORÍA
Paisaje Geomorfológico	-133	Alto Negativo
Comunidades faunísticas	-131	Alto Negativo
Ruido	-108	Alto Negativo
Denudación	-102	Alto Negativo
Relieve	-95	Alto Negativo
Polvos	-93	Alto Negativo
Horizontes	-85	Medio Negativo
Contaminación	-82	Medio Negativo
Gases	-71	Medio Negativo
Materiales geológicos	-63	Medio Negativo
Riesgo de accidentes	-55	Medio Negativo
Movimientos de material	-54	Medio Negativo
Hábitat	-38	Bajo Negativo
Erodabilidad del suelo	-34	Bajo Negativo
Elementos hidrológicos	-33	Bajo Negativo
Calidad del agua superficial	-30	Bajo Negativo
Estabilidad	-27	Bajo Negativo
Elementos bióticos	-24	Bajo Negativo
Aguas residuales	-13	Bajo Negativo
Comunidades vegetales	-11	Bajo Negativo
Uso actual del suelo	-8	Bajo Negativo
Caudal del agua superficial	-5	Bajo Negativo

En caso contrario, las actividades del proyecto de la Mina Aquila, producen efectos positivos sobre algunos factores ambientales, como son la generación de empleo, asociado directamente a un incremento y la posibilidad de acceder a una mejor calidad de vida, integrando otra serie de elementos socioeconómicos como el desarrollo urbano, una mayor y constante recaudación fiscal, el reforzamiento de los sistemas de vialidad y transporte, el asegurar el uso potencial del suelo, la integración y consolidación de los asentamientos humanos, incluyendo la dotación de servicios como energía eléctrica, agua potable y drenaje, así como la incorporación de apoyo directo hacia nuevos proyectos productivos derivados de la población local y el consumo de bienes y servicios locales, derivados de la oferta de alimentos, hospedaje y finalmente existe una protección a la calidad del agua subterránea.

El siguiente cuadro muestra los factores ambientales, los cuales después de la ponderación realizada, muestran una tendencia hacia recibir más beneficios, que afectaciones en los distintos componentes.

Tabla 60. Factores ambientales beneficiados por el proyecto de ampliación de la Mina Aquila, Michoacán

FACTOR AMBIENTAL	PONDERACIÓN	CATEGORÍA
Recarga de acuíferos	1	Bajo Positivo
Sucesión ecológica	9	Bajo Positivo
Calidad del agua subterránea	17	Bajo Positivo
Desarrollo urbano	40	Bajo Positivo
Vialidad y transporte	44	Bajo Positivo
Uso potencial del suelo	49	Bajo Positivo
Asentamientos humanos	51	Bajo Positivo
Consumo de bienes y servicios locales	80	Bajo Positivo
Recaudación fiscal	84	Bajo Positivo
Calidad de vida	116	Bajo Positivo
Generación de empleo	435	Alto Positivo

VI. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

VI.1 Descripción de la medida o programa de medidas de mitigación o correctivas por componente ambiental

Las medidas de mitigación que serán necesarios incorporar en al proyecto de ampliación de la superficie de explotación de la Mina Aquila, se presenta en el siguiente cuadro:

Tabla 61. Medidas de Mitigación para el proyecto de ampliación de la Mina Aquila, Michoacán

IMPACTOS GENERADOS Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN		
ACTIVIDAD DEL PROYECTO	IMPACTOS GENERADOS	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
Alto Negativo		
Extracción y transporte del mineral. (-254.0)	Esta es la actividad más deteriorante sobre el entorno, siendo responsable de la modificación permanente de la geología y geomorfología, generación de materiales estériles y por lo tanto la necesidad de conformar los terrenos, también provoca cambios permanentes en el relieve, en la hidrología superficial, afectación a la vegetación, fauna y hábitat, y una alteración del paisaje. Se produce la modificación total de la geomorfología y relieve con una geometría artificial por la formación de terrazas para la extracción del material.	En caso de ser posible, relocalizar o reubicar el material de los terrenos en las áreas que ya no sean susceptibles de extracción del mineral. Favorecer la integración de la vegetación, depositando suelo y material vegetal en la superficie de las zonas cuya extracción haya llegado a su fin. Se requiere establecer desde un inicio áreas para conservar la capa de suelo natural removido para después poder hacer uso como banco de material para cobertura.
Depósitos superficiales de terreros (-178.0)	Los materiales estériles generados son transportados a zonas donde no existe la posibilidad de extraer material hematítico o magnético, dando origen a los terreros, formados con grandes volúmenes de materiales escasamente intemperizados, sin que posean la capacidad de liberar a corto plazo, nutrimentos para las plantas, lo cual los hace un sustrato estéril para la vegetación. Los grandes volúmenes generados demandan una extensión considerable además de presentar una gran altura. A medida que el agua pluvial ingresa a los terreros empieza al proceso de dilución, movilizandando sustancias como el hierro (férrico y ferroso), así como azufre, que puede dar origen a lixiviados ácidos de H ₂ S y compuestos oxidados de hierro, lo cual afectaría la composición de las corrientes hidrológicas superficiales.	Establecer puntos de monitoreo en las corrientes hidrológicas bajo la influencia de los terreros, a fin de identificar un cambio radical en la composición del agua superficial. Colocar presas de gaviones en las partes bajas para evitar el aporte de sedimentos a las corrientes hidrológicas. Conformar los terreros garantizando la máxima estabilidad posible, evitando posibles deslizamientos de material. Monitorear de manera permanente la estabilidad de los terreros, con la ayuda del “robot”, identificando y atendiendo cualquier indicio de caída o movimiento de materiales en los terreros. Evaluar la integración de presas o bordos de contención en las partes bajas de los terreros, a fin de controlar la caída de materiales. Establecer un sustrato herbáceo incluyendo la vegetación de gramíneas para conformar un sustrato orgánico para estabilizar los terreros y se inicien los procesos de sucesión ecológica de las comunidades vegetales. Colectar germoplasma de especies herbáceas y

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para la Ampliación de la superficie de explotación de la “Mina Aquila”, Aquila, Michoacán.

ACTIVIDAD DEL PROYECTO	IMPACTOS GENERADOS	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
		gramíneas que se desarrollen en la cercanía y depositarlos en la zona de los terreros. Esparcir restos de vegetación en la zona de terreros, a fin de incorporar materia orgánica que favorecerá la creación de un sustrato orgánico para la incorporación de vegetación secundaria. Controlar estabilidad de los taludes y encima de ella una cobertura de gramíneas, para ofrecer cierta estabilidad superficial a los terreros, así como la escorrentía superficial, sin que haya infiltración hacia el interior del material depositado.
Medio Negativo		
Construcción de caminos de acceso y acarreo. (-166.0)	La construcción de caminos de acceso y acarreo produce la desaparición de la vegetación, una modificación del relieve y del patrón de escorrentía superficial, la erosión del suelo, gases de combustión a la atmósfera, polvos y ruidos	Abrir exclusivamente nuevos caminos de acceso y acarreo donde sea estrictamente necesario, aprovechando los caminos existentes. Planificar los nuevos caminos, de manera preferente sobre aquellas áreas que ya han sido afectadas, o que carecen de una cubierta de vegetación original. Dar mantenimiento preventivo periódico a los caminos de acceso, a fin de evitar la erosión o denudación de la superficie de rodamiento, o la ruptura o socavación por las corrientes hidrológicas. Donde sea necesario, integrar drenajes para no obstaculizar la dinámica hidrológica normal. Dar mantenimiento preventivo y correctivo a los vehículos de carga, equipo pesado y maquinaria que transite por los caminos existentes. Prohibir a los conductores ocasionar afectaciones a la fauna silvestre y vegetación existente a lo largo del camino de acceso y de acarreo. Establecer medidas para el control de polvos en los caminos de acceso y acarreo.
Tajos (-133.0)	Los tajos producidos para la extracción del mineral de interés, provoca cambios a la geomorfología y al paisaje, así como afectaciones a la fauna silvestre, gases, polvos y ruidos por la operación de la maquinaria pesada y equipos.	Dar mantenimiento preventivo y correctivo al equipo pesado y maquinaria que sea utilizada. Evitar las posibilidades de poder ocasionar cualquier tipo de afectación a la fauna silvestre y vegetación.
Formación de niveles (-130.0)	La formación de niveles para el aprovechamiento del mineral siderítico, provoca cambios a la geomorfología y al paisaje, así como afectaciones a la fauna silvestre, gases, polvos y ruidos por la operación de maquinaria pesada y equipos.	Fomentar y favorecer los procesos de restauración ecológica en los niveles que se vayan abandonando.
Despalme de la capa superficial del suelo (-118.0)	La eliminación de la capa edáfica superficial, es una afectación permanente e irreversible, eliminando el sustrato fértil para el establecimiento de la vegetación.	Almacenar la capa edáfica y utilizarla posteriormente para depositarle en la parte superficial de los terreros, a fin de ofrecer un sustrato fértil para el establecimiento de la vegetación, a corto plazo.
Carga y uso de explosivos.	La carga y uso de explosivos es una	Establecer las medidas de seguridad pertinentes

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para la Ampliación de la superficie de explotación de la “Mina Aquila”, Aquila, Michoacán.

ACTIVIDAD DEL PROYECTO	IMPACTOS GENERADOS	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
(-99.0)	actividad muy simple, pero riesgosa, lo cual requiere ser realizada con extremo cuidado y con personal altamente capacitado.	para el manejo y uso de explosivos. Otorgar capacitación y certificar al personal responsable del manejo de los explosivos.
Rampas de acceso (-92.0)	La construcción de rampas de acceso modifica el relieve, produce cambios en la escorrentía superficial, así como efectos sobre la fauna y calidad del aire.	Dar mantenimiento preventivo y correctivo al equipo pesado y maquinaria utilizada en esta actividad. Donde sea necesario, integrar drenajes para no obstaculizar la dinámica hidrológica normal.
Nivelación y relleno de caminos de acceso. (-87.0)	Estas actividades son componentes del proceso de mantenimiento de los caminos de acceso y de acarreo de materiales, los cuales es muy importante mantenerlos en buen estado, a fin de garantizar el movimiento de maquinaria, vehículos de carga y equipo pesado.	Donde sea necesario, integrar drenajes o vados para no obstaculizar la dinámica hidrológica normal. Dar mantenimiento preventivo periódico a los caminos de acceso, a fin de evitar la erosión o denudación de la superficie de rodamiento, así como la socavación ocasionada por corrientes hidrológicas superficiales.
Bajo Negativo		
Desmante de la vegetación. (-72.0)	El desmante de toda la vegetación es un impacto inevitable, ya que es necesario eliminar por completo la cubierta vegetal para dar inicio a las siguientes actividades, como es el despalme y descubrir los yacimientos.	Quitar la vegetación de manera selectiva, iniciar con la vegetación de uso comercial, posteriormente retirar el resto. Retirar y triturar la vegetación para mezclarla con el material de despalme e incorporar todo en zona de terreros para estabilizar taludes. Recuperar el material vegetativo a fin de producir estacas que puedan servir como germoplasma para la incorporación de vegetación en terrenos cercanos. Integrar un vivero forestal con el germoplasma (semillas) obtenido localmente y utilizarlo en futuras reforestaciones. Compensar la vegetación que haya sido eliminada integrando nuevos individuos en otros terrenos, o en áreas que se encuentren en proceso de recuperación ecológica.
Carga. (-56.0)	Se considera el movimiento de la maquinaria pesada para localizar los materiales ferrosos en los camiones fuera de camino, que produce polvos y ruidos.	Dar mantenimiento preventivo y correctivo al equipo pesado y maquinaria utilizada en esta actividad. Otorgar capacitación permanente a los operarios de estos equipos, así como dotarlos del equipo completo de protección personal. Delimitar la zona de trabajo, con la prohibición de acceso a cualquier tipo de personal. Incluir letreros donde se señalen las prohibiciones necesarias para evitar algún tipo de accidente.
Retiro de Maquinaria (-27.0)	Esta actividad corresponde a la etapa de abandono, cuando se proceda al desmantelamiento y retiro instalaciones, maquinaria y equipo	El retiro de equipo y maquinaria debe realizarse evitando los derrames de aceites y lubricantes, los cuales deben ser manejados de acuerdo con la normatividad vigente, así como según lo que establezcan las leyes y reglamentos vigentes para el manejo de residuos. Los elementos metálicos sobrantes, deben ser retirados del sitio y no debe permanecer ningún

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para la Ampliación de la superficie de explotación de la “Mina Aquila”, Aquila, Michoacán.

ACTIVIDAD DEL PROYECTO	IMPACTOS GENERADOS	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
		tipo de residuo. Proceder a la limpieza del sitio, así como a la escarificación del sitio donde se ubicaban los equipos para favorecer la revegetación de manera natural.
Almacén, Comedor, Inst. sanitarias, electricidad y oficinas (-24.0)	Estos impactos corresponden a la construcción de las instalaciones auxiliares al proceso de la extracción del material ferroso, donde se hará necesario desmontar y aprovechar el espacio para la incorporación de las instalaciones necesarias.	Utilizar exclusivamente el área necesaria para la integración de todas estas instalaciones. Utilizar el material vegetativo para la reintegración de individuos arbóreos en la periferia de las instalaciones. Integrar un sistema de tratamiento de agua, que incluya un sistema de infiltración del agua tratada. Incluir un plan de manejo integral de residuos sólidos.
Barrenación con equipo neumático (-24.0)	Se consideran la barrenación con equipo neumático una actividad que afecta al medio con la generación de ruido y gases de combustión.	Dar mantenimiento preventivo y correctivo al equipo neumático, reemplazando las barrenos y puntas de diamante al momento del término de su vida útil. Otorgar equipo de protección personal al personal dedicado a este tipo de actividad.
Servicio médico y respuesta a emergencias (-14.0)	Estos impactos corresponden a la construcción de las instalaciones auxiliares destinadas al servicio médico, salud e higiene en el trabajo, así como la respuesta a emergencias.	Utilizar exclusivamente el área necesaria para la integración de todas estas instalaciones. Utilizar el material vegetativo para la reintegración de individuos arbóreos en la periferia de las instalaciones. Incluir un plan de manejo de residuos biológico-infecciosos derivados de la atención médica, apegado a la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002.
Transporte de material (-14.0)	La carga del material ferroso es transportada en tractocamiones hacia la ciudad de Tecoman, por terracería y la carretera asfaltada.	Otorgar capacitación a los operadores de los vehículos de carga pesada. Dar mantenimiento periódico al camino de terracería, integrando señalamiento a lo largo del camino. Pedir a las autoridades responsables el dar mantenimiento periódico e integrar el suficiente señalamiento a lo largo de toda la carretera entre la Mina Aquila hasta su entronque con la Carretera Tecoman-Zihuatanejo, para evitar accidentes. Establecer límites de velocidad al cruce con los poblados por donde cruzan los vehículos pesados.
Desmantelamiento de campamento e instalaciones. (-12.0)	Esta actividad corresponde a la etapa de abandono, cuando se proceda al desmantelamiento de campamentos e instalaciones, asociado al cierre de empleos y abandono del sitio.	Debe evitar la posibilidad de ocurrencia de los derrames de aceites y lubricantes, los cuales deben ser manejados de acuerdo con la NOM-138-SEMARNAT-2005. Los elementos metálicos sobrantes, deben ser retirados del sitio y no debe permanecer ningún tipo de residuo. Proceder a la limpieza del sitio, ruptura del concreto utilizado en los pisos, retiro del escombros y escarificación del sitio donde se ubicaban las instalaciones, para favorecer la revegetación de manera inducida y natural.
Trituración y molienda	Corresponde a la trituración, molienda y	Otorgar capacitación ambiental permanente y

**Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para la Ampliación
de la superficie de explotación de la “Mina Aquila”, Aquila, Michoacán.**

ACTIVIDAD DEL PROYECTO	IMPACTOS GENERADOS	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
(-11.0)	separación de los materiales ferrosos de interés, donde se generan ruidos y polvos, así como riesgos de accidentes.	periódica a todo el personal integrado en estas actividades. Dotar de equipo de protección personal y vigilar su adecuado uso. Dar mantenimiento preventivo y correctivo a toda la planta de trituración y molienda, reemplazando las partes que se encuentren dañadas o haya concluido su vida útil. Anclar e incorporar bandas de materiales adecuados en aquellas instalaciones que produzcan vibraciones y ruido en exceso, así como el aislamiento de aquellas áreas generadoras de polvo.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para la Ampliación de la superficie de explotación de la “Mina Aguila”, Aguila, Michoacán.

FACTOR AMBIENTAL	MEDIDA DE MITIGACIÓN
Alto Negativo	
Paisaje Geomorfológico (-133) Denudación (-102)	<p>Evitar la inestabilidad de los terrenos que afecten la seguridad de las operaciones, mediante un adecuado diseño de altura y ancho de las terrazas.</p> <p>Durante la etapa de preparación hasta la etapa de abandono conformar un relieve más natural al terreno.</p> <p>Permitir el retorno de la vegetación en las áreas del tajo y el material inerte, con el uso de especies características de la vegetación natural, integrando especies nativas con una mayor posibilidad de éxito, así como la rápida recuperación del paisaje.</p> <p>Al término de las actividades escarificar la superficie y adicionar tierra vegetal, para permitir la recolonización vegetal.</p> <p>Desde el inicio de la operación establecer sistema de terrazas en la formación de terreros y depósitos de material estéril para favorecer la revegetación.</p>
Comunidades faunísticas (-131)	<p>Establecer un programa de mejoramiento de hábitat en áreas no sujetas a explotación del mineral, mediante el manejo de la vegetación (reforestación, manejo de estructura, etc.) así como la protección del hábitat residual.</p> <p>Establecer medidas adicionales de protección, como la prohibición de caza, captura y comercialización, así como la muerte de fauna.</p> <p>Dado que el patrón del movimiento de la fauna, es por los principales corredores asociados a los cauces hidrológicos, los arroyos La Vainilla, Los Tenamaxtles y La Abuela debe recibir estrategias integrales de protección y conservación.</p> <p>Dentro del programa de reforestación y propagación vegetal se pueden considerar las especies aprovechadas por la fauna silvestre y de interés especial.</p> <p>Se deberá permitir y facilitar el escape de la fauna silvestre existente en el predio sujeto al cambio de uso de suelo.</p> <p>Colocación de señalamientos preventivos para salvaguardar la fauna y flora silvestre.</p>
Ruido (-108)	<p>Existen ruidos de carácter intermitente (explosivos) y permanente, durante la operación de acarreo de material y maquinaria utilizada para la molienda y trituración de material, donde el mayor impacto del ruido ocurre sobre los trabajadores de la empresa, los cuales deben recibir capacitación, chequeo médico periódico (audiometrías) y protección personal.</p> <p>Mantenimiento preventivo y correctivo a los equipos, maquinaria pesada y vehículos, para reducir la emisión de gases de combustión y ruido.</p> <p>Otorgar capacitación a los trabajadores que manejen los explosivos.</p> <p>Diseñar cuidadosamente las voladuras y aplicar el programa de uso y manejo de explosivos.</p> <p>Construcción de libramientos en el pueblo para evitar el paso de vehículos que alteren la vida de la población.</p>
Relieve (-95)	<p>La compensación de la calidad del relieve puede ser atendida mediante la conservación y reforestación de áreas aledañas, así como al finalizar la explotación darle una conformación de acuerdo con los relieves de las zonas aledañas, procurando acercarse a los relieves originales</p>
Polvos (-93)	<p>Se considera el posible transporte de polvos a las áreas anexas al banco, donde la superficie afectada es muy reducida y no existen poblaciones cercanas.</p> <p>Las posibles emisiones de polvos, durante la época de sequía, emitidos por el tránsito de camiones en el camino de acarreo serán controlados mediante su humedecimiento.</p>
Medio Negativo	
Horizontes (-85)	<p>Durante el despalme se debe proceder a la separación y almacenamiento de los horizontes superficiales del suelo, para su posterior uso en la restauración del sitio.</p>
Contaminación (-82)	<p>Contar con un programa de manejo y almacenamiento de combustibles y lubricantes que se pretendan emplear en las diferentes fases del proyecto, sobre todo durante su distribución y almacenamiento, evitando ser derramado al suelo.</p>

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para la Ampliación de la superficie de explotación de la “Mina Aquila”, Aquila, Michoacán.

	<p>Todos los residuos sólidos municipales serán trasladados a lugares autorizados por el municipio, por ningún motivo serán abandonados en el área de la mina.</p> <p>Control de residuos peligrosos e industriales y su manejo de acuerdo con la legislación vigente.</p>
Gases (-71)	Dar mantenimiento preventivo y correctivo a vehículos, equipo pesado y maquinaria.
Materiales geológicos (-63)	Afectar exclusivamente el área de interés.
Movimientos de material (-54)	Realizar el procedimiento con todas las medidas de seguridad. Movilizar el material de interés en el menor tiempo posible, evitando su acumulación en el patio de almacenamiento.
Bajo Negativo	
Hábitat (-38)	Proteger el hábitat residual que no será modificado por todo el conjunto de las actividades de la mina. Compensar las afectaciones realizadas, mediante la reforestación y protección de terrenos cercanos.
Erodabilidad del suelo (-34)	Los materiales orgánicos (hojas, ramas, troncos, etc.), e inorgánicos (tierra, cascajo etc.), producto de la apertura del área de trabajo de la mina, deberán disponerse en lugares alejados de cauces y acumularlos en áreas que posteriormente puedan ser reutilizados para la recuperación ecológica de sitios abandonados. Todos los desperdicios generados por el desmonte para el cambio de uso de suelo, que no sean susceptibles de comercialización o de consumo doméstico, deberán integrarse al suelo mediante su trituración y dispersión.
Elementos hidrológicos (-33)	Otorgar protección especial a los cauces de las corrientes hidrológicas. Establecer un programa de monitoreo de la calidad del agua, a fin de identificar cambios en su composición química.
Calidad del agua superficial (-30)	Realizado una zanja perimetral para la canalización hacia áreas de control de sedimentos derivados de potenciales escurrimientos del banco de mineral y de los terreros con material estéril. Construcción de piletas para la retención de arrastres de material fino. Construcción de bordes para retención de arrastres gruesos en la base de los terrenos, para impedir la contaminación de arroyos Construcción de cunetas y alcantarillado que eviten la destrucción y arrastre de los materiales desde caminos y terrenos adyacentes. Evitar que ingrese agua superficial a los terreros, mediante la canalización o drenes perimetrales de los escurrimientos superficiales en la parte alta de los terreros y de esta manera disminuir los aportes de sedimentos a los arroyos La Vainilla, La Abuela y Los Tenamaxtles.
Estabilidad (-27)	Garantizar la estabilidad de los terreros mediante el monitoreo permanente, así como la incorporación de medios físicos de control, así como una cubierta vegetal de gramíneas.
Elementos bióticos (-24)	Diseñar un paquete técnico de rehabilitación ecológica que incluya las especies a incorporar, germoplasma, semillas, material vegetativo, sustratos, tamaños, épocas, entre otros aspectos, que será desarrollado desde sus etapas iniciales y hasta el término de su vida útil del proyecto.
Aguas residuales (-13)	Someter a un sistema de tratamiento las aguas residuales de los sanitarios y comedor, a fin de proceder a su inyección en el subsuelo. No depositar las aguas residuales crudas directamente en los cauces hidrológicos.
Comunidades vegetales (-11)	Contar con un programa de reproducción de especies vegetales listadas en norma oficial y presentes en el predio. No debe utilizarse la maquinaria pesada para el derribo de la vegetación, la cual debe ser realizada de forma manual y dirigida. En caso de ser necesario el troceo de árboles, este deberá realizarse en el lugar de caída de los mismos. Recuperación de material vegetativo y germoplasma de las zonas afectadas para su

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para la Ampliación de la superficie de explotación de la “Mina Aquila”, Aquila, Michoacán.

	posterior utilización Como una medida de mitigación es prioritario diseñar un programa de protección y propagación de estas especies, donde se incluya su reproducción y establecimiento en campo, para compensar la posible pérdida de especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2001.
Uso actual del suelo (-8)	Evitar el cambio de uso del suelo en terrenos que no sean susceptibles de explotación.
Caudal del agua superficial (-5)	Programar de manera adecuada el uso del agua superficial para el riego de los caminos.

Impactos económicos y sociales

Como parte de un beneficio directo, el movimiento y necesidades de servicios temporales y permanentes, incrementará la actividad económica de la población de Aquila, ya que es uno de los puntos de abastecimiento de alimentos y hospedaje.

Un beneficio directo se deriva de la contratación de mano de obra, especialmente para realizar trabajos que no requieren una preparación técnica. Se estima que se habrán de generar alrededor de 85 empleos directos y 230 empleos indirectos.

Desde el punto de vista social, el principal beneficio será la estabilidad en el empleo generado por la planta que de manera indirecta incluye en la disminución de conflictos sociales y un incremento en la calidad de vida de la población local.

VI.2 Impactos residuales

Para poder determinar el conjunto de impactos residuales para el proyecto de ampliación de la superficie de explotación de la Mina Aquila, se aplica la evaluación sistemática de los impactos ambientales es una técnica presentada por Bojorquez (1998) y esta basada en un conjunto de seis indicadores de impacto medidos en una escala ordinal. Estos indicadores se combinan con dos índices a través de matrices matemáticas aplicando ecuaciones exponenciales y lineares.

Las actividades del proyecto y los factores ambientales se colocan en una matriz semejante a la matriz de interacciones, marcando las interacciones con **0** (ausencia) o **1** (presencia). Posteriormente se generan las interacciones de mayor jerarquía por interdependencia entre los componentes del sistema. La significancia de una interacción en la matriz se hace por medio de un conjunto de criterios, los criterios básicos incluyen magnitud o intensidad, extensión espacial y duración (MET) y los criterios suplementarios vinculan el sinergismo entre las variables, los efectos acumulativos y las controversias alrededor de las interacciones (SAC). Los criterios cualitativos incorporan información que soportan la predicción del un impacto, su probabilidad de ocurrencia, la confianza en la predicción y la existencia de estándares ambientales. Los criterios se manejan en una escala ordinal que son:

CRITERIO	VALOR
Nulo	0
Nulo a Bajo	1
Muy Bajo	2
Bajo	3
Bajo a Moderado	4
Moderado	5
Moderado a Alto	6
Alto	7
Muy Alto	8
Extremadamente Alto	9

Siendo el máximo valor en la escala ordinal el 9, un índice básico (MED_{ij}) y el índice suplementario (SAC_{ij}), describen el efecto de la variable j sobre la variable i , obteniéndose de las siguientes ecuaciones:

ÍNDICE BÁSICO

$$MED = 0.037 (M_{ij} + E_{ij} + D_{ij})$$

ÍNDICE COMPLEMENTARIO

$$SAC = 0.037 (S_{ij} + A_{ij} + C_{ij})$$

Donde:

M _{ij} = Magnitud	S _{ij} = Efectos sinérgicos
E _{ij} = Extensión espacial	A _{ij} = Efectos acumulados
D _{ij} = Duración	C _{ij} = Controversia

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
M	Magnitud
E	Espacialidad
D	Duración
S	Sinergia
A	Acumulativo
C	Controversia

Como los criterios básicos no pueden estar ausentes, su valor mínimo debe ser 1. Los rangos de estos índices están en: $(3/27) \leq MED_{ij} \leq 1$ y $0 \leq SAC_{ij} \leq 1$.

Con estos índices se obtiene el impacto I_{ij} que debe ser igual a MED_{ij}, si el valor de SAC_{ij} es cero, y puede ser mayor a MED_{ij}, cuando SAC_{ij} es mayor a cero, matemáticamente se expresa:

ESTIMACIÓN DEL IMPACTO

$$I_{ij} = MED_{ij}^{\phi}$$

Donde $\phi = 1 - SAC_{ij}$

Adicionalmente la significancia de la interacción (G_{ij}) se puede considerar dentro de la consideración de las medidas de mitigación (T_{ij}), y se obtiene de la siguiente ecuación:

$$G_{ij} = I_{ij} [1 - (T_{ij}/9)]$$

En este sentido y a partir de las conclusiones derivadas de esta metodología se podrá obtener el efecto residual o que permanece en el ambiente después de aplicar las medidas de mitigación, considerando que la mayoría de los impactos identificados están siendo mitigados o reducidos, e incluso eliminados con la aplicación de las medidas propuestas, aunque en algunos casos son irremediables e irreversibles. Por lo cual, en este apartado se especifican los impactos residuales que indican el impacto final del proyecto.

Cabe mencionar que se tomo en cuenta que, la aplicación de algunas medidas preventivas, de mitigación, de compensación y restauración va a propiciar la presencia de impactos

adicionales, los cuales deben incorporarse a la relación de impactos residuales definitivos. La jerarquía de los impactos ponderados con este método y sus intervalos, se muestran en el siguiente cuadro:

JERARQUIZACIÓN DE LOS VALORES DE Gij	
JERARQUÍA DEL IMPACTO	INTERVALO
Bajo	0-0.25
Moderado	0.25-0.49
Alto	0.50-0.74
Muy Alto	0.75-1.00

Tabla 62. Ponderación de Impactos

FACTOR AMBIENTAL	ACTIVIDAD DEL PROYECTO	Magnitud	Espacialidad	Duración	Sinergia	Acumulativo	Controversia	Medida de Mitigación	Indice Básico	Indice complementario	Estimación del Impacto	Significancia del impacto	Significancia	Jerarquía del impacto residual
		Mij	Eij	Dij	Sij	Aij	Cij	Tij	MEDij	SACij	Iij		Gij	
Cobertura vegetal	Desmante de vegetación	4	2	2	2	2	2	5	0.30	0.22	0.39	Moderado	0.17	Bajo
Migración de la fauna	Deforestación	2	2	2	3	3	3	4	0.22	0.33	0.37	Moderado	0.20	Bajo
Contaminación del aire	Gases de combustión interna	3	2	2	1	1	1	3	0.26	0.11	0.30	Moderado	0.20	Bajo
Erosión del suelo	Despalme del área de extracción	4	2	7	2	3	3	3	0.48	0.30	0.60	Alto	0.40	Moderado
Alteración de la hidrología	Lixiviación de terreros	7	5	6	5	5	3	4	0.67	0.48	0.81	Muy alto	0.45	Moderado
Modificación de la geomorfología	Conformación de terreros	7	3	9	6	7	4	2	0.70	0.63	0.88	Muy alto	0.68	Alto
Modificación de la geomorfología	Extracción de material	9	3	9	6	6	4	2	0.78	0.59	0.90	Muy alto	0.70	Alto

A partir del análisis realizado se obtiene que con relación a las afectaciones provocadas por el desmante de la vegetación, y subsecuente migración de la fauna y la generación de gases de combustión, se produce un bajo impacto residual, debido a que la superficie a desmontar y afectar por las distintas actividades del proyecto, pueden ser compensados mediante el aprovechamiento de materiales vegetativos y germoplasma que puede ser aprovechado y reproducido bajo condiciones controladas en viveros instalados y administrados por la Mina Aquila, con lo cual se produciría la planta suficiente para las distintas acciones de recuperación, compensación y revegetación de predios utilizados por el proyecto y sitios aledaños.

De manera directa, el favorecimiento de las condiciones de la vegetación producirá un efecto benéfico en las comunidades faunísticas, las cuales podrán contar con sitios de descanso, refugio, anidación y alimentación, promoviendo el restablecimiento de las redes tróficas y por

ende, la dinámica poblacional de las diferentes especies y poblaciones que existen en la zona. En este sentido el impacto residual será bajo y prácticamente se puede mencionar que el impacto sobre la fauna quedara cubierto con las acciones de restauración y compensación de las comunidades de la vegetación afectada.

En relación a la calidad del aire, afectada por la generación de gases de combustión, se tiene que los programas de mantenimiento preventivo y correctivo, incidirán de manera positiva en la disminución tanto en la cantidad como en la composición de este tipo de emisiones, lo cual incluso al termino del proyecto cesarán por completo, momento en el cual se dará inicio al proceso de recuperación total de la calidad del aire.

Se tienen dos actividades del proyecto de ampliación de la Mina de Aquila que producen un impacto residual moderado, donde la primera corresponde al despalme del área de extracción, donde el suelo sufrirá la pérdida de su composición y será eliminado del sitio original, y que puede sufrir proceso erosivos de distintas magnitudes; En ese sentido la estrategia de almacenar el suelo en un sitio *ex profeso*, permitirá su futuro aprovechamiento en la conformación de un sustrato orgánico que pueda ser utilizado para la integración de vegetación en los terreros u otras áreas que necesiten ser rehabilitadas ecológicamente. Es claro que el suelo no podrá recuperar, a corto plazo, las características originales, y por ello la categoría de un impacto residual moderado.

La siguiente actividad con un impacto residual moderado es la producida por la potencial lixiviación de distintos compuestos químicos presentes en los materiales geológicos depositados en los terreros, donde se puede producir la alteración de la hidrología superficial, principalmente en la composición química y física, ya sea en la modificación del pH, la presencia de sustancias derivadas del azufre, o el incremento de sólidos suspendidos totales, que pueden modificar las condiciones del hábitat para microorganismos bentónicos y planctónicos e incluso producir alteraciones en el desove y reproducción de la ictiofauna. Este impacto residual se considera como moderado, porque puede tener efectos a largo plazo y de carácter periódico, ya que en la época de estiaje la reducción de la cantidad de lluvia, producirá el descenso de los procesos de lixiviación y en consecuencia, las afectaciones a la hidrología superficial. Es muy importante mantener un monitoreo permanente y periódico a las condiciones de la calidad del agua de los arroyos, principalmente La Abuela y Los Tenamxtles.

Los impactos residuales considerados como altos están contenidos o corresponden a aquellas actividades que modifican de forma permanente e irreversible la geomorfología del área proyectada, lo cual es parte de la esencia de todas las actividades extractivas de la minería,

de tal manera que tanto la conformación de terreros como la extracción de material ferroso son las actividades responsables de los impactos residuales más notables, de donde las medidas de mitigación señaladas atienden ligeramente los efectos negativos sobre el entorno, y por lo tanto se tornan imprescindibles en su realización e integración a las actividades extractivas.

VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

VII.1 Pronóstico del escenario

El sistema ambiental sujeto a la ampliación del área de explotación de la Mina Aquila, se convertirá en un espacio con una profunda modificación geomorfológica en el área donde se encuentra el yacimiento de interés; asimismo habrá una modificación absoluta de la geomorfología de los sitios destinados a los terreros, que a pesar de no ser tan drásticas, si alteran el paisaje del sitio, al conformar una ladera artificial, con materiales disgregados y muy sueltos, que potencialmente pueden producir movimientos de material o deslizamientos.

El suelo será removido de su ubicación y potencialmente puede ser reutilizado y de esta forma servir como un sustrato que ha tenido un proceso edafogenético que facilitara a la vegetación su regreso y desarrollo para conformar los procesos de sucesión ecológicos necesarios.

En este sentido y considerando que el proyecto incluye y desarrollará la revegetación de las áreas ya explotadas e integración de un sustrato y vegetación de gramíneas en los terreros, permitirá una paulatina y lenta recuperación del estrato vegetal.

Con relación a las áreas cuya vida útil ha concluido, se tendrá el regreso de la vegetación, principalmente de tipo secundario, con especies oportunistas y agresivas, que paulatinamente irán conformando distintos doseles de vegetación. La fauna tenderá, al finalizar el proyecto, a su retorno, ya que de manera intermitente las poblaciones pueden movilizarse de un sitio a otro.

La hidrología superficial de manera intermitente, manifestará modificaciones en su composición y en la calidad del agua que transporta, lo cual está asociado a la potencial lixiviación de los minerales presentes en los materiales geológicos expuestos. Es muy importante establecer campañas de monitoreo permanente para atender cualquier indicio de una contaminación severa, que pudiera tener efectos secundarios más desfavorables.

Los efectos producidos por el ruido, las emisiones de gases de combustión, la generación de residuos domésticos y restos de lubricantes y aditivos, la presencia de los trabajadores, movimiento de maquinaria, equipo pesado, vehículos y la operación de la planta de trituración, así como las fuentes de empleo, cesaran al momento del cierre de la mina, de tal forma que es necesario plantear estrategias para desde este momento atender las futuras afectaciones negativas tanto producidas en los componentes físicos, bióticos, sociales y económicos, con la finalidad de alcanzar el máximo grado de sustentabilidad del proyecto.

VII.2 Programa de Vigilancia Ambiental

El programa de vigilancia ambiental siguiente tiene el objetivo de establecer un sistema tangible para garantizar el cumplimiento de las actividades y medidas de mitigación mencionadas anteriormente. El programa de vigilancia ambiental de la Mina Aquila incluye la supervisión de las actividades relacionadas con la mitigación, reducción, o compensación ambiental, y señalan claramente los procedimientos de supervisión así como la forma de realizar las correcciones y ajustes necesarios para optimizar las acciones recomendadas.

El cuadro siguiente resume los elementos necesarios a desarrollar en el Programa de vigilancia ambiental del proyecto de ampliación de la superficie de extracción de la Mina Aquila, incluye los indicadores mínimos, medibles y significativos del sistema ambiental afectado.

Tabla 63. Programa de vigilancia ambiental y procedimiento de supervisión y cumplimiento de las actividades y medidas de mitigación

Factor ambiental atendido	Indicador de Impacto Ambiental	Programa de vigilancia ambiental
Geomorfología del área de trabajo	Superficie donde fue afectada la geomorfología	Superficie afectada/superficie inicial, donde el valor de cero indica que no hay afectaciones, donde si el resultado es cercano a 1, el impacto es mayor.
	Superficie afectada con la formación de terreros	Superficie afectada/superficie inicial, donde el valor de cero indica que no hay afectaciones, mientras que sí el resultado es cercano a 1, el impacto es mayor.
Cobertura vegetal y organismos propagados	Superficie afectada con cobertura vegetal	Superficie afectada/superficie inicial con cobertura vegetal, donde el valor de cero indica que no hay afectaciones, mientras que a medida que el resultado es cercano a 1, el impacto es mayor.
	Numero de organismos arbóreos propagados	Número de especies protegidas y reproducidas a lo largo del tiempo, incluyendo el número de organismos producidos, donde a medida que el número es mayor, la medida es más eficaz.
	Supervivencia de organismos arbóreos sembrados	Árboles vivos/árboles sembrados, donde a medida que el valor se acerque a uno, la medida de mitigación es más eficaz.
Suelo	Superficie de los terreros rehabilitada con gramíneas	Superficie rehabilitada del terrero/Superficie total de los terrero conformados, donde a medida que el valor se acerque a uno, la medida de mitigación es más eficaz.
	Volumen de suelo almacenado y reutilizado	Volumen de suelo reutilizado/ volumen de suelo retirado de todas las actividades de despalme, donde el valor de cero indica que la afectación es muy intensa y carece de medida de mitigación, mientras que si el resultado es cercano a 1, el impacto esta siendo mitigado.
Hidrología superficial	Modificación de la calidad del agua superficial	Evaluar el comportamiento de los parámetros esenciales como es el pH, temperatura, conductividad eléctrica, turbidez, sólidos suspendidos totales, identificando las posibles desviaciones a lo largo del desarrollo del proyecto.

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para la Ampliación de la superficie de explotación de la “Mina Aquila”, Aquila, Michoacán.

Factor ambiental atendido	Indicador de Impacto Ambiental	Programa de vigilancia ambiental
	Sólidos suspendidos totales y volumen de partículas sólidas retenidas en los cauces	Sólidos suspendidos totales cuantificados /Sólidos suspendidos totales antes del inicio del proyecto, donde a medida que el valor tiende a cero, la medida de mitigación es más eficaz.
Residuos peligrosos	Volumen de residuos peligrosos generados	Cantidad de Residuos generados/cantidad de sustancias utilizadas, donde la medida de mitigación es más eficaz a medida que el indicador tiende a cero.
Capacitación	Numero de cursos otorgados.	Tener un listado de los cursos de capacitación otorgados por unidad de tiempo, temarios, asistentes, y personal que participo en la impartición de los cursos.
Seguridad e higiene laboral	Numero de accidentes laborales por actividad	Evolución del número de incidentes y accidentes, donde si el valor tiende a cero, existe una mayor eficacia en la aplicación de las medidas encaminadas a la seguridad e higiene en el trabajo.

En este contexto a medida que se desarrolle el proyecto, se podrá tener elementos tangibles para evaluar los impactos producidos y mejorar o sustituir las medidas de minimización, compensación o mitigación, cuando en la evaluación interna muestren cierto grado de insuficiencia.

Por otra parte, también ofrecerá elementos que permitan detectar alteraciones no previstas en el presente Estudio de Impacto Ambiental, debiendo la Mina Aquila adoptar las medidas correctivas necesarias, garantizando la sustentabilidad del proyecto, dado que se podrá contar con una base de datos dentro del período de tiempo que dura el proyecto, incluso desde la etapa anterior a la obra y su control en zonas testigo.

VII.3 Conclusiones

Las actividades relacionadas con la extracción, aprovechamiento y beneficio de materiales provenientes de yacimientos mineros tienen efectos negativos en la geomorfología, geología, suelos, vegetación, fauna e hidrología. Las intensidades de afectación dependen prácticamente de la “ley” que posee el mineral de interés y la tecnología con la cual ha de ser aprovechado.

Para el caso del proyecto de Ampliación de la Superficie de Aprovechamiento de la Mina Aquila, existen condiciones favorables que atenúan de manera inmediata las afectaciones al ambiente.

1. El mineral ferroso de interés prácticamente se encuentra en la superficie, razón por lo cual no hay que ocasionar excavaciones profundas ni movilizar enormes volúmenes de materiales estériles.
2. El mineral ferroso de interés tiene una buena ley, lo cual favorece que su separación del material estéril, la cual pueda ser realizada en su totalidad utilizando exclusivamente procesos físicos, (trituración, molienda y magnetismo), sin aplicar procedimientos químicos que pudieran producir problemas severos de contaminación.
3. El sitio de extracción se encuentra cercano de vías de comunicación, transitables todo el año y con facilidades de recibir mantenimiento preventivo y correctivo de forma inmediata, por lo cual los caminos de acceso solo serán realizados en el sitio de extracción, sin afectar otras áreas.
4. En la cercanía del área de explotación existen zonas forestadas con vegetación primaria de selva alta y mediada, con un buen grado de conservación, donde existe el germoplasma suficiente para rescatar la pérdida o desplazamiento de especies vegetales o faunísticas; es decir, el retorno de los procesos bióticos y ecológicos están garantizados, lo que ocurrirá al término de la explotación.

En síntesis y a manera de conclusión, el proyecto de ampliación de la superficie de explotación de la Mina Aquila tiene una alta factibilidad ambiental, técnica, social y económica, resaltando que los principales efectos nocivos se presentarán en la geomorfología, con un carácter local, irreversible, permanente y difícil de mitigar, dada la esencia de la actividad minera.

El resto de los factores ambientales pueden ser atendidos en diferentes gradaciones y por lo tanto la mayoría de los impactos ambientales identificados están siendo considerados con la medida de minimización, mitigación y compensación, lo cual permite predecir que serán atendidos prácticamente en su totalidad.

De esta forma el Proyecto de Ampliación de la Superficie de Explotación de la Mina Aquila, reúne los elementos necesarios para desarrollarse acorde con el ambiente seleccionado.

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES

La información se presenta en los siguientes anexos:

No.	Descripción
1	Croquis ubicación
2	Cesión de Derechos
3	Acta Constitutiva
4	Poder del representante legal
5	Plano topográfico
6	Plano del proyecto
7	Relación de inversión
8	Costos operativos
9	Estudio técnico justificativo
10	Concesión de aprovechamiento de agua superficial
11	Layout de la mina
12	Obras mineras existentes
13	Diagrama de flujo del proceso
14	Listado de infraestructura existente
15	Listado de equipo que se instalará
16	Plano de reubicación final 2009
17	Geomorfología final de la mina
18	Procedimiento para el manejo de residuos peligrosos
19	Reglamento de seguridad e higiene
20	Características del diseño del almacén de residuos peligrosos
21	Imagen de satélite
22	Mapa geológico
23	Mapa edafológico
24	Mapa uso de suelo
25	Mapa de vegetación actual
26	Paisaje
27	Plano caminos

- 28 Caminos proyectados
- Anexo Drenaje
- Anexo fotográfico
- Guías de campo
- Registro prestador de servicios